

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 675 919

②1 N° d'enregistrement national :

91 05129

⑤1 Int Cl⁸ : G 05 D 1/02; B 62 D 53/00; B 64 F 1/22

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 25.04.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 30.10.92 Bulletin 92/44.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : AEROSPATIALE, Société Nationale
Industrielle, ONERA et AEROSPATIALE Société
Nationale Industrielle — FR.

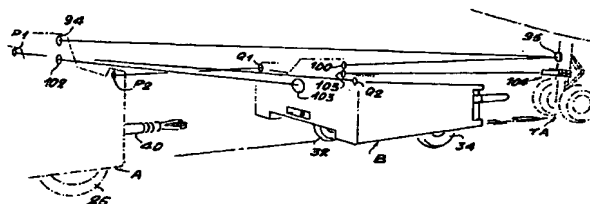
⑦2 Inventeur(s) : Pelegrin Marcel.

⑦3 Titulaire(s) : AEROSPATIALE, Société Nationale
Industrielle et ONERA.

⑦4 Mandataire : Brevatome.

⑤4 Procédé et installation automatisés pour déplacer un objet non coopératif, notamment pour assurer les déplacements au sol des aéronefs.

⑤7 Pour assurer, de façon automatisée, le déplacement d'objets non coopératifs, tels que des avions sur un aéroport, il est proposé d'accoupler à l'avion en mouvement un véhicule d'interface léger (B), équipé de systèmes de repérage propres (Q1, Q2, 103), puis de provoquer la rencontre de l'avion poussant le véhicule (B) avec un véhicule tracteur (A) circulant dans le même sens et pourvu de systèmes de pilotage (P1, P2, 94, 102) qui coopèrent avec les moyens de repérage du véhicule d'interface. Des chocs dus au caractère non coopératif de l'avion sont ainsi évités.



FR 2 675 919 - A1



PROCEDE ET INSTALLATION AUTOMATISES POUR DEPLACER UN
OBJET NON COOPERATIF, NOTAMMENT POUR ASSURER LES DEPLA-
CEMENTS AU SOL DES AERONEFS.

DESCRIPTION

5 L'invention concerne un procédé permettant
de déplacer de façon automatisée un objet non coopéra-
tif, sans induire de chocs importants c'est-à-dire
d'efforts anormaux sur cet objet. L'invention concerne
également une installation automatisée mettant en œuvre
10 ce procédé.

L'expression "objet non coopératif" désigne
ici tout objet, immobile ou en déplacement, dépourvu
de moyens de repérage suffisamment performants pour
qu'un véhicule tracteur robotisé puisse rejoindre cet
15 objet et s'y accoupler d'une manière assez précise pour
que la masse du véhicule tracteur n'entraîne pas de
chocs trop importants sur l'objet.

L'invention s'applique avantageusement à la
réalisation de tous les déplacements au sol des aéro-
20 nefs, notamment sur les aéroports de forte capacité.

Le procédé et l'installation selon l'invention
peuvent aussi être utilisés pour déplacer des objets
autres que des aéronefs, lorsque ces objets sont dépour-
vus de moyens de repérage performants et lorsqu'un choc
25 trop important sur l'objet est inacceptable, par exemple
en raison des risques de rupture d'une pièce mécanique
ou des risques d'explosion que pourrait entraîner ce
choc. Parmi les applications de ce type, on citera de
façon non limitative les interventions après un accident
30 dans les industries nucléaire ou chimique, certaines
interventions en cas d'incendie, ainsi que les opéra-
tions de déminage.

Actuellement, tous les mouvements au sol des
aéronefs sont effectués sous conduite manuelle, soit
35 par le pilote lui-même, soit par le conducteur d'un

tracteur de remorquage ou de poussage. Dans les deux cas, il n'y a pas d'aide à la conduite, qui s'effectue à vue et par dialogue entre le pilote et le personnel de contrôle des mouvements au sol ou entre le pilote et le conducteur du tracteur. Le contrôle des mouvements de l'aéronef après l'atterrissage et avant de pénétrer sur la piste de décollage est assuré par la tour de contrôle.

Lorsque les mouvements au sol sont effectués par le pilote, les groupes motopropulseurs de l'aéronef fonctionnent à un régime supérieur au ralenti. Cela entraîne une consommation de carburant qui varie selon le type de l'aéronef mais peut atteindre environ 3000 kg/h dans le cas des avions les plus lourds. La vitesse de déplacement de l'avion au sol est alors d'environ 18,5 km/h dans les lignes droites et de moins de 10 km/h durant les virages.

Lorsque les déplacements de l'aéronef au sol sont assurés par un tracteur de remorquage, ils s'effectuent à une vitesse réduite d'environ 4 à 5 km/h. Les tracteurs de remorquage utilisent en général un moteur Diesel et nécessitent la présence d'un conducteur, généralement accompagné d'un mécanicien qui assure l'attelage du tracteur sur l'aéronef. Pendant les déplacements, un ou deux mécaniciens accompagnent l'avion sur les aires de manœuvre, afin de vérifier qu'aucun risque de collision n'existe.

Lorsque les conditions météorologiques au sol sont mauvaises, le contrôleur des mouvements au sol n'a pas de visibilité directe sur les avions. De plus, le radar conçu pour détecter les mobiles au sol a des zones aveugles fixes et son fonctionnement est perturbé par les mouvements de ces mobiles. En outre, les plots radars ne sont pas identifiés. La sécurité des aéronefs impose alors qu'un seul avion soit présent sur chaque

tronçon de bretelle situé entre deux intersections consécutives, ce qui ralentit sérieusement le trafic.

Il apparaît, par conséquent, que la capacité des aéroports risque d'être limitée, dans un proche
5 avenir, par la cadence de déplacement des avions au sol aussi bien après l'atterrissage qu'avant le décollage.

Par ailleurs, lorsque les déplacements au sol d'un aéronef sont commandés directement par le pilote, cela entraîne des nuisances acoustiques et chimiques
10 qu'il est souhaitable de réduire.

Ainsi, les bruits produits par les réacteurs lors du roulage sont relativement faibles, mais de longue durée, de telle sorte qu'ils vont être pris en compte dans les nouvelles réglementations en matière
15 de nuisances acoustiques.

En ce qui concerne les nuisances chimiques, elles découlent, d'une part, de la production de CO_2 qui est directement liée à la consommation de carburant fossile par les aéronefs qui se trouvent en attente de
20 décollage ou qui viennent d'atterrir. Lorsqu'on sait que le temps de roulage et d'attente d'un avion avant son décollage peut atteindre actuellement 30 min, on voit que la pollution résultant de la production de CO_2 au sol est particulièrement importante.

25 Les nuisances chimiques découlent également de la production d'oxydes d'azote N_2O et NO_2 , qui provient également de la consommation de carburant fossile au sol. Même si la pollution produite par ces oxydes est moins bien connue, il est certain que les mouvements
30 de brassage dans l'atmosphère ont pour effet de transférer une partie de ces oxydes dans la troposphère, voire dans la stratosphère, de telle sorte qu'une interaction avec l'ozone risque de se produire après un certain temps.

35 L'invention a précisément pour objet un procé-

dé et une installation permettant notamment d'assurer de façon automatique tous les mouvements des aéronefs au sol, de façon à accroître la capacité d'accueil des aéroports et à réduire considérablement les nuisances
5 acoustiques et chimiques sur ces aéroports.

De façon plus générale, l'invention a aussi pour objet un procédé et une installation permettant de déplacer un objet non coopératif, sans provoquer sur ce dernier de chocs dépassant un seuil de tolérance
10 prédéterminé.

A cet effet, il est proposé conformément à l'invention un procédé pour déplacer de façon automatisée un objet non coopératif, sans induire de choc important sur cet objet, caractérisé par le fait qu'il
15 consiste :

- à provoquer la rencontre de l'objet avec un véhicule d'interface, relativement léger par rapport à cet objet et comportant des moyens de repérage ;
- à accoupler l'objet et le véhicule d'interface ;
- 20 - à guider jusqu'au véhicule d'interface un véhicule tracteur autonome équipé de moyens de pilotage coopérant avec lesdits moyens de repérage ; puis
- à atteler le véhicule tracteur sur le véhicule d'interface.

25 Selon ce procédé, le véhicule d'interface a essentiellement pour fonction d'apporter à l'objet les moyens de repérage qui lui manquent initialement. Compte tenu du caractère non coopératif de l'objet, sa rencontre avec le véhicule d'interface peut provoquer un choc.
30 Cependant, étant donné que le véhicule d'interface est un véhicule léger, ce choc reste suffisamment faible pour rester en dessous d'un seuil de tolérance fixé, par exemple, pour tenir compte de la résistance mécanique de tout ou partie de l'objet, ou pour éviter d'en-
35 gendrer l'explosion d'une charge sur cet objet.

Le véhicule tracteur, sensiblement plus lourd que le véhicule d'interface puisqu'il est conçu pour tracter l'objet et le véhicule d'interface qui y est accouplé, ne doit pas engendrer de choc important lors de sa rencontre avec l'objet car il s'agit d'un rendez-vous coopératif. En effet, ce dernier est alors affecté des moyens de repérage prévus sur le véhicule d'interface, qui permettent un guidage précis des déplacements du véhicule tracteur à l'aide des moyens de pilotage qui l'équipent, jusqu'à ce que les deux véhicules soient attelés.

Bien qu'il puisse être utilisé pour aller chercher un objet immobile, le procédé selon l'invention s'applique avantageusement à la saisie d'un objet mobile selon une trajectoire théorique déterminée. Dans ce cas, on provoque la rencontre de l'objet avec le véhicule d'interface en amenant ce dernier sur cette trajectoire théorique, avant le passage de l'objet.

Selon le cas, on peut utiliser un véhicule d'interface totalement passif ou un véhicule d'interface autonome, disposant de ses propres moyens de propulsion.

Dans le premier cas, on peut amener le véhicule d'interface sur la trajectoire théorique de l'objet à l'aide de moyens de manutention extérieurs, dans une première position d'attente prédéterminée.

Lorsqu'on utilise un véhicule d'interface totalement passif, on peut aussi amener ce véhicule sur la trajectoire théorique de l'objet, attelé au véhicule tracteur, dans une première position d'attente prédéterminée, puis dételer le véhicule d'interface du véhicule tracteur, avant de déplacer ce dernier sur la trajectoire théorique, dans le même sens que l'objet, jusqu'à une deuxième position d'attente prédéterminée.

Dans le cas où l'on utilise un véhicule d'interface autonome, une première variante de mise en œuvre

du procédé selon l'invention consiste à amener ce véhicule sur la trajectoire théorique de l'objet à l'aide de moyens de propulsion propres à ce véhicule, dans une première position d'attente prédéterminée.

5 Le véhicule d'interface peut alors rester dans cette première position d'attente jusqu'à ce qu'il soit rejoint par l'objet. On peut aussi déplacer le véhicule d'interface sur la trajectoire théorique de l'objet, dans le même sens que celui-ci, à une vitesse inférieure
10 à la vitesse de déplacement de l'objet, lorsque la distance séparant le véhicule d'interface de l'objet atteint une valeur minimum prédéterminée.

 Lorsqu'on utilise un véhicule d'interface autonome, une deuxième variante du procédé selon l'in-
15 vention consiste à amener ce véhicule sur la trajectoire théorique de l'objet, attelé au véhicule tracteur, dans une première position d'attente prédéterminée, puis à dételer le véhicule d'interface du véhicule tracteur, avant de déplacer ce dernier sur ladite trajectoire,
20 dans le même sens que l'objet, jusqu'à une deuxième position d'attente prédéterminée, puis de déplacer le véhicule d'interface sur cette trajectoire, dans le même sens que l'objet, à une vitesse inférieure à la vitesse de déplacement de ce dernier.

25 Toujours lorsqu'on utilise un véhicule d'interface autonome, une troisième variante du procédé selon l'invention consiste à amener ce véhicule d'interface sur la trajectoire théorique de l'objet, attelé au véhicule tracteur, dans une première position d'at-
30 tente prédéterminée, puis à dételer le véhicule d'interface du véhicule tracteur, avant de déplacer le véhicule d'interface sur ladite trajectoire, en sens inverse de l'objet, jusqu'à ce que la distance séparant le véhicule d'interface de l'objet atteigne une valeur minimum
35 prédéterminée.

Selon le cas, il est alors possible soit d'immobiliser le véhicule d'interface en attendant qu'il soit rejoint par l'objet, soit de déplacer le véhicule d'interface sur la trajectoire de l'objet dans le même sens que celui-ci, à une vitesse inférieure à la vitesse de déplacement de l'objet.

Dans le cas où le véhicule d'interface est autonome, on le déplace en le guidant par rapport à un repère de référence relatif lié au véhicule tracteur, lorsqu'il n'est pas attelé à ce dernier.

En outre, dans tous les cas où on déplace le véhicule d'interface sur la trajectoire théorique de l'objet, dans le même sens que ce dernier, on prend alors en compte d'éventuels décalages entre cette trajectoire théorique et la trajectoire réelle suivies par l'objet.

Comme on l'a déjà mentionné, l'invention est particulièrement adaptée pour réaliser les déplacements au sol des aéronefs.

Dans ce cas, on amène avantageusement le véhicule d'interface sur l'axe d'un tronçon rectiligne d'une bretelle de sortie de piste, avant l'arrivée sur ce tronçon d'un aéronef venant d'atterrir, on accouple le véhicule d'interface à l'atterrisseur avant de l'aéronef, on attèle le véhicule tracteur sur le véhicule d'interface, puis on déplace l'aéronef, pendant tous ces mouvements au sol, à l'aide du véhicule tracteur.

L'invention a aussi pour objet une installation automatisée pour déplacer un objet non coopératif, sans induire de choc important sur cet objet, caractérisé par le fait qu'elle comprend :

- au moins un véhicule d'interface, relativement léger par rapport à l'objet, comportant des moyens de repérage et des moyens pour accoupler ce véhicule sur l'objet ;

- au moins un véhicule tracteur autonome, équipé de moyens de propulsion et d'orientation propre, de moyens de pilotage du véhicule d'interface coopérant avec les moyens de repérage de ce dernier, de moyens pour atteler le véhicule d'interface sur ce véhicule tracteur, et de moyens de navigation absolue ;
- une unité centrale de gestion, communiquant avec le véhicule tracteur par des moyens de transmission pour lui fournir des instructions, en fonction de données relatives à l'objet et à sa destination.

Lorsqu'une telle installation est appliquée au déplacement d'un objet mobile selon une trajectoire théorique déterminée, le véhicule d'interface peut être, comme on l'a déjà vu, soit totalement passif, soit un véhicule autonome.

Dans le premier cas, l'installation peut également comprendre des moyens de manutention contrôlés par l'unité centrale de commande, afin de placer le véhicule d'interface dans la trajectoire de l'objet.

Afin de réduire les chocs engendrés sur l'objet par un tel véhicule d'interface totalement passif, celui-ci peut être soit monté sur coussin d'air, soit sur des roues folles.

Dans le cas où le véhicule d'interface est un véhicule autonome, il est muni de moyens de motorisation, d'au moins trois roues directrices et de moyens de reconnaissance de scène tels qu'une caméra associée à un télémètre, permettant de déterminer la distance et l'orientation d'une partie de l'objet par rapport à ce véhicule d'interface, cette partie de l'objet pouvant notamment être équipée d'une mire à ombre portée.

Des moyens de navigation relative assurent la navigation du véhicule d'interface pendant son déplacement propre, c'est-à-dire lorsqu'il est libéré par

le véhicule tracteur et jusqu'au voisinage de l'objet à saisir. C'est alors le véhicule tracteur qui sert de référence pour la navigation du véhicule d'interface.

Ces moyens de navigation relative peuvent
5 notamment comprendre au moins un gyrophare laser monté sur le véhicule tracteur et deux capteurs montés sur le véhicule d'interface.

En variante ou, de préférence, en association avec le gyrophare laser et les capteurs montés respecti-
10 vement sur le véhicule tracteur et sur le véhicule d'interface, les moyens de navigation relative peuvent comprendre un câble reliant les deux véhicules, ce câble étant maintenu en tension entre ces derniers, de telle sorte que la longueur et l'orientation du câble par
15 rapport au véhicule d'interface et au véhicule tracteur peuvent être connues par des moyens de mesure appropriés. La précision est d'autant meilleure que la distance entre les deux véhicules est faible.

Le véhicule tracteur est avantageusement un
20 véhicule à quatre roues motrices et directrices. De plus, il comporte des moyens pour faire passer la directivité de ces quatre roues d'un mode de roulement normal, dans lequel la normale au plan des roues passe par le centre instantané de rotation du véhicule tracteur,
25 qui est situé sur la normale à un axe longitudinal de ce véhicule passant par son centre de gravité, à un mode de rendez-vous avec le véhicule d'interface, dans lequel les plans des roues motrices et directrices du véhicule tracteur sont toujours parallèles entre elles.

30 Le véhicule tracteur comporte avantageusement un calculateur de navigation sensible aux instructions délivrées par l'unité centrale de commande et des asservissements commandant les moyens de propulsion et d'orientation propres du véhicule tracteur, en réponse
35 à des signaux délivrés par ce calculateur de navigation.

Le véhicule tracteur peut comporter en outre des moyens tels qu'un télémètre laser pour mesurer la distance qui le sépare de l'objet.

Dans l'application préférée de l'invention
5 aux déplacements au sol d'un aéronef, les moyens pour accoupler le véhicule d'interface sur cet aéronef sont des moyens de saisie de l'atterrisseur avant de celui-ci.

Le véhicule d'interface peut en outre porter,
de façon optionnelle, un mécanisme robotisé permettant
10 la connexion électrique de la prise de parc de l'aéronef avec une source d'énergie embarquée sur le véhicule tracteur, par exemple pour les avions non munis d'un générateur autonome d'énergie (électrique, hydraulique).

Par ailleurs, pour des raisons de sécurité,
15 les moyens de navigation absolue comprennent trois systèmes de navigation absolue différents avantageusement constitués :

- d'un récepteur GPS différentiel sur le véhicule tracteur, associé à une balise de référence au sol ;
- 20 - d'un deuxième système de navigation associé à des amers passifs identifiés situés au sol en des emplacements déterminés ;
- d'un troisième système de navigation associé à des balises radioélectriques passives noyées dans le sol,
25 selon une trajectoire à suivre par le véhicule tracteur afin de confirmer des points de passage.

Le véhicule tracteur comprend alors avantageusement une centrale à inertie à au moins deux axes, associée à un calculateur de lissage de signaux provenant du récepteur GPS différentiel.
30

Afin d'éviter tout risque de collision entre les aéronefs au sol, l'unité centrale de commande affecte au véhicule tracteur un gabarit enveloppe en fonction de l'état des moyens pour accoupler le véhicule d'interface sur le véhicule tracteur, de l'état des moyens pour
35

accoupler le véhicule d'interface sur l'aéronef, et de la nature de cet aéronef.

En outre, afin de déclencher les opérations de rendez-vous préalables aux déplacements de l'avion après son atterrissage, l'installation selon l'invention comprend de préférence trois détecteurs de passage d'aéronef situés à l'entrée d'une bretelle de sortie de piste, délivrant des signaux de passage qui sont transmis à l'unité centrale de commande.

10 Un mode de réalisation préféré de l'invention va à présent être décrit, à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en plan illustrant schématiquement une partie d'un aéroport sur lequel peut être implantée l'installation selon l'invention ;

15 - la figure 2 est une vue de dessus représentant schématiquement un véhicule d'interface attelé à un véhicule tracteur, tels qu'ils sont utilisés dans l'installation illustrée sur la figure 1 ;

20 - la figure 3 est un diagramme illustrant les installations de navigation et les asservissements qui équipent chacun des véhicules tracteur ainsi que les installations correspondantes implantées sur l'aéroport ;

25 - la figure 4 est une vue de dessus illustrant schématiquement la navigation d'un véhicule tracteur déplaçant un avion sur une bretelle, par l'intermédiaire d'un véhicule d'interface ;

30 - la figure 5 est une vue de dessus illustrant schématiquement l'orientation des roues du véhicule tracteur dans un mode de roulement normal de celui-ci ;

- la figure 6 est une vue de dessus illustrant schématiquement l'orientation des roues du véhicule tracteur dans un mode de rendez-vous avec le véhicule d'interface ;

- la figure 7 est une vue de dessus illustrant de façon schématique les moyens de navigation relative entre le véhicule d'interface et le véhicule tracteur ;

5 - la figure 8 est une vue de dessus comparable à la figure 7, illustrant une variante de réalisation des moyens de navigation relative ;

10 - la figure 9 est une vue en perspective représentant les deux véhicules et l'atterrisseur avant d'un avion, avant son rendez-vous avec le véhicule d'interface ;

- la figure 10 est une vue de côté illustrant schématiquement l'attelage du véhicule d'interface sur l'atterrisseur avant d'un avion équipé de moyens d'attelage normalisés ;

15 - la figure 11 est une vue de côté comparable à la figure 10 illustrant l'attelage du véhicule d'interface sur l'atterrisseur avant d'un avion dépourvu d'équipement d'attelage particulier ;

20 - la figure 12 est une vue de côté comparable aux figures 10 et 11 illustrant l'attelage du véhicule d'interface sur l'atterrisseur avant d'un avion selon un troisième mode de réalisation de l'invention, également dans le cas où cet atterrisseur avant est dépourvu de moyens d'attelage particuliers ;

25 - la figure 13 est une vue de dessus du véhicule d'interface illustré sur la figure 10 ; et

30 - les figures 14 et 15 sont des vues de dessus illustrant schématiquement les positions relatives du véhicule tracteur, du véhicule d'interface et de l'avion, respectivement avant que l'avion ne s'attèle au véhicule d'interface et avant que ce dernier ne s'attèle au véhicule tracteur.

35 Sur la figure 1, on a représenté de façon très schématique différentes parties d'un aéroport sur lequel a été implantée une installation conforme à l'invention.

La référence 10 désigne une piste de cet aéroport, la référence 12 une bretelle de sortie de cette piste et la référence 14 une aire d'accès à l'aérogare, dont l'une des passerelles de desserte est illustrée en 16.

5 Dans la pratique, on sait que les aéroports modernes comprennent généralement plusieurs pistes ainsi qu'un grand nombre de bretelles et diverses aires techniques, ainsi qu'une ou plusieurs aérogares desservies chacune par plusieurs passerelles d'accès aux avions pour les
10 passagers.

Dans cette application, l'installation selon l'invention permet, comme on le verra en détail par la suite, d'assurer de façon automatique le recueil des avions immédiatement après leur atterrissage, sur les
15 bretelles de sortie de piste telles que la bretelle 12, ainsi que tous les mouvements au sol des avions présents sur l'aéroport jusqu'à la mise en position de chacun d'entre eux sur une aire technique située au voisinage du seuil de la piste en service, immédiatement avant
20 leur décollage. Les mouvements des avions au sol assurés par l'installation selon l'invention sont effectués de telle sorte que la sécurité de ces mouvements, c'est-à-dire l'inverse de la probabilité acceptée d'accidents catastrophiques, soit au moins égale à celle des avions
25 en vol.

Les avantages essentiels de l'installation selon l'invention, sont de permettre un accroissement appréciable du trafic de l'aéroport, tout en réduisant notablement les nuisances acoustiques et chimiques. Ces
30 résultats sont obtenus de façon à n'entraîner aucun travaux importants d'infrastructure sur l'aéroport ni aucune modification notable des aéronefs. En outre, l'installation permet de façon simple de modifier immédiatement les trajets des avions au sol lorsque cela
35 s'avère nécessaire.

Comme l'illustre très schématiquement la figure 1, l'installation selon l'invention comprend un certain nombre de véhicules tracteurs A et de véhicules d'interface B, qui sont généralement attelés les uns aux autres pour former des véhicules complexes A + B, 5 sauf pendant les périodes de recueil des avions après leur atterrissage, comme on le verra ultérieurement. L'installation comprend de plus une unité centrale de gestion U.C.G. 18 des véhicules A et B et plus générale- 10 ment de tous les véhicules circulant sur l'aéroport, cette unité est implantée sur l'aéroport, par exemple dans la tour de contrôle. Elle comporte principalement un calculateur, qui est doublé, avec fonctionnement en parallèle et commutation automatique, pour des raisons 15 de sécurité. L'installation comprend enfin une balise GPS de référence au sol 20, des amers passifs identifiés 22 et des balises radioélectriques passives 24 appartenant à trois systèmes de navigation absolue différents des véhicules tracteurs A, qui seront explicités par 20 la suite.

Comme l'illustre plus en détail la figure 2, les véhicules A comprennent deux paires de roues 26, motrices et directrices, reliées à des moyens de propulsion 28 comprenant avantageusement un moteur thermique 25 (non polluant) qui entraîne les roues 26 au travers d'un dispositif 30 limitant les accélérations à une valeur déterminée, compatible avec la résistance mécanique de l'atterrisseur avant de l'avion à recueillir et avec le confort des passagers. Le véhicule tracteur A peut 30 comprendre notamment un moteur thermique 28 associé à un coupleur hydraulique, un moteur thermique associé à un générateur hydraulique et à quatre moteurs hydrauliques pour les quatre roues, ou un moteur thermique associé à un générateur électrique et à quatre moteurs 35 électriques pour les quatre roues. Ces moyens de propul-

sion sont suffisamment puissants pour assurer la traction d'un avion attelé au véhicule tracteur A par l'intermédiaire du véhicule d'interface B.

5 La hauteur des véhicules tracteurs A est suffisamment faible (par exemple, environ 1,70 m) pour que ces véhicules puissent passer sous les ailes des avions gros porteurs, de la même manière que les tracteurs de remorquage utilisés actuellement pour effectuer certains déplacements des avions sur les aéroports.

10 Le véhicule d'interface B est au contraire un véhicule léger et très maniable, équipé de moyens de propulsion juste suffisants pour assurer la mobilité de ce véhicule, tout en étant incapables à eux seuls d'assurer la traction d'un avion auquel le véhicule est
15 accouplé. A cet effet, le véhicule d'interface B comprend une roue ou roulette directrice 32 et une paire de roues motrices 34, directrices ou non, dont l'entraînement en rotation est assuré par un groupe motopropulseur léger 36, de puissance limitée aux déplacements
20 du véhicule B.

Si les trois roues 32 et 34 sont directrices, elles sont de préférence agencées de façon à rester en permanence parallèles entre elles afin que le cap du véhicule B reste constant au moment de sa rencontre avec
25 l'avion.

L'utilisation de deux véhicules A et B séparés s'explique par le fait que les avions qui doivent être recueillis après leur atterrissage sont dépourvus de tout système de repérage performant qui pourrait permet-
30 tre à un véhicule tracteur robotisé de venir s'accoupler directement sur l'atterrisseur avant de l'avion. En l'absence de tels systèmes de repérage, la rencontre d'un véhicule tracteur robotisé avec l'atterrisseur avant de l'avion se traduirait par un choc qui pourrait
35 entraîner la rupture mécanique de l'atterrisseur avant

et serait, de toute manière, inacceptable pour les passagers de l'avion.

Dans l'installation selon l'invention, les véhicules d'interface B ont précisément pour fonction de venir s'accoupler aux atterrisseurs avant des avions, afin d'apporter à ces derniers les systèmes de repérage qui leur manquent, sans entraîner de chocs inacceptables pour l'atterrisseur ou pour les passagers, compte tenu de la légèreté de ces véhicules d'interface par rapport aux avions. L'attelage des véhicules tracteurs A s'effectue ensuite sur les véhicules d'interface B dans les meilleures conditions puisque ces véhicules d'interface comportent précisément les systèmes de repérage qui permette de réaliser en douceur la rencontre des deux véhicules, là encore sans induire de choc inacceptable pour l'atterrisseur ou pour les passagers de l'avion alors accouplé au véhicule B.

En dehors des périodes de rendez-vous, au cours desquelles le véhicule d'interface B est momentanément séparé du véhicule tracteur A, ces deux véhicules sont normalement reliés l'un à l'autre par des moyens d'attelage 38, comme l'illustre la figure 2. Ces moyens d'attelage 38 peuvent notamment comprendre un bras d'attelage 40 monté à l'arrière du véhicule tracteur A et disposant, de préférence, de deux degrés de liberté. Ces degrés de liberté sont, par exemple, une possibilité de rotation du bras 40 autour d'un axe vertical 42 et une possibilité de variation de longueur de ce bras, qui présente alors une forme télescopique. Des organes moteurs tels qu'un vérin 44 pour la rotation permettent de commander chacun de ces mouvements, en réponse à des moyens d'asservissement de ce bras (non représentés) montés sur le véhicule tracteur A et utilisant des mires optiques placées sur le véhicule d'interface B.

En outre, le bras d'attelage 40 peut disposer

d'un troisième degré de liberté passif (non contrôlé par les moyens d'asservissement), consistant par exemple en une possibilité de déplacement en hauteur du bras 40 le long de l'axe 42 ou une rotation autour d'un axe 5 horizontal.

Il est à noter qu'au moins certains des degrés de liberté du bras d'attelage 40 peuvent être supprimés si l'on accepte de donner aux calculateurs et aux moyens d'asservissement assurant le pilotage et le guidage 10 relatif entre les véhicules A et B une forme plus complexe.

A son extrémité, le bras d'attelage 40 comporte un mécanisme comprenant par exemple deux mors articulés 46 qui viennent emprisonner un organe d'attelage 15 48 monté à l'avant du véhicule d'interface B. Un organe moteur (non représenté) commande l'ouverture et la fermeture des mors 46.

Lorsque les mors 46 sont refermés sur l'organe d'attelage 48, le débattement angulaire du bras d'attelage 40 autour de son axe 42 est rendu libre, afin 20 d'éviter des incompatibilités de mouvements des roues des véhicules attelés. De plus, le degré de liberté d'allongement du bras d'attelage 40 est verrouillé dans la position de moindre longueur de ce bras, alors que 25 le bras 40 est au contraire allongé préalablement à l'attelage du véhicule tracteur A sur le véhicule d'interface B.

Dans l'installation conforme à l'invention, la navigation de chacun des véhicules A s'effectue par 30 rapport à un repère absolu lié à l'aéroport considéré, au moyen de trois systèmes de navigation absolue superposés qui permettent d'assurer en toute circonstance la sécurité requise pour le déplacement des avions et des véhicules sur les différentes bretelles et aires 35 de l'aéroport.

Le premier système de navigation est un système de navigation GPS-différentiel (de l'anglais "Global Positioning System"), éventuellement associé à un système inertiel à au moins deux axes. Le second
5 système est un système de navigation sur amers et le troisième un système de confirmation de position par balises radioélectriques passives identifiées.

De façon connue, le système de navigation GPS repose sur la réception, par chacun des véhicules tracteurs A, de signaux émis à intervalles déterminés (par
10 exemple toutes les secondes) par plusieurs satellites, chaque signal contenant des informations relatives à la position instantanée de chacun des satellites. La réception de signaux provenant d'au moins quatre satellites permet, par triangulation sur trois satellites,
15 de connaître les coordonnées absolues de l'endroit où sont reçus les signaux.

Etant donné que les signaux en provenance de chacun des satellites sont entachés d'une même erreur, une mesure différentielle permet de connaître avec une
20 précision excellente les coordonnées exactes de chacun des véhicules A pour chaque ensemble de signaux reçus. Pour effectuer cette mesure différentielle, on dispose sur l'aéroport la balise GPS de référence 20 précédemment décrite en se référant à la figure 1. Les coordonnées
25 de cette balise de référence étant parfaitement connues, l'erreur entachant chacun des signaux reçus peut être déterminée avec précision et utilisée pour corriger les signaux reçus par ailleurs par chacun des
30 véhicules tracteurs A.

Comme l'illustre plus précisément la figure 3, chacun des véhicules tracteurs A est équipé à cet effet d'un récepteur GPS 50, pourvu d'une antenne 52 qui capte
directement les signaux en provenance des satellites
35 et d'un récepteur 54 qui reçoit, par l'intermédiaire

d'une antenne 56, les signaux de correction fournis par la balise GPS de référence au sol 20.

Pour sa part, la balise GPS de référence 20 comporte également un récepteur GPS 58 équipé d'une
5 antenne 60 servant à capter les signaux en provenance des satellites. Ce récepteur GPS 58 est couplé à un circuit 61 permettant de calculer la correction qui doit être effectuée sur les signaux reçus des satellites, à partir des coordonnées, connues avec précision, de
10 la balise GPS de référence 20. Un signal de correction GPS est ensuite émis vers les véhicules tracteurs A par l'antenne émettrice 62 d'un transmetteur de corrections GPS 64, de façon à être capté par l'antenne 56 de chacun des véhicules A.

15 Dans chacun des véhicules tracteurs A, le signal de position brute de ce véhicule délivré par le récepteur GPS 50 et le signal de correction GPS délivré par le récepteur 54 sont transmis à un circuit 66 de filtrage et de calcul permettant notamment de déterminer
20 les coordonnées absolues précises du véhicule tracteur A concerné.

Ce circuit 66 de filtrage et de calcul reçoit par ailleurs, au travers d'un émetteur récepteur 68, des instructions en provenance d'un émetteur récepteur
25 70 associé à l'unité centrale de gestion 18. Ces instructions permettent à chacun des véhicules A d'exécuter une mission déterminée sur l'aéroport considéré. Plus précisément, à partir d'un algorithme d'ordonnancement dynamique déterminé et compte tenu de la connaissance
30 de la position instantanée de chacun des véhicules tracteurs A et d'autres informations concernant ces véhicules (par exemple, leur vitesse, leur raccordement à un véhicule d'interface, attelé ou non à un avion, l'état de panne de certains véhicules, etc.) l'unité centrale
35 de gestion 18 guide chacun des véhicules tracteurs A

en leur affectant un objectif (position, orientation et vitesse) à un horizon de quelques secondes. Cet horizon peut par exemple varier de une à cinquante secondes, suivant la phase de navigation et les mouvements à effectuer.

Les critères introduits dans l'algorithme d'ordonnancement dynamique utilisé par l'unité centrale de gestion 18 peuvent dépendre de la charge de l'aéroport. Ainsi, aux heures de pointe, ces critères peuvent tendre à maximiser le nombre de mouvements, alors qu'ils peuvent tendre à minimiser les distances parcourues par les avions lors des heures creuses.

L'unité centrale de gestion 18 détermine l'objectif de chacun des véhicules A en connaissant les distances de freinage et d'accélération compatibles avec les contraintes mécaniques que peuvent supporter les trains avant des avions. Ainsi, aux heures de pointe, les critères introduits dans l'algorithme d'ordonnancement dynamique de l'unité centrale de gestion 18 peuvent comporter un terme tendant à minimiser les décélérations-arrêts-accélérations, à la fois pour réduire les efforts mécaniques exercés sur l'atterrisseur avant et pour améliorer le confort des passagers.

Afin d'assurer un guidage en toute sécurité de tous les véhicules présents sur l'aéroport, l'unité centrale de gestion 18 associe à chacun des véhicules tracteurs A un gabarit enveloppe GE (figure 1) qui dépend de la phase dans laquelle se trouve le véhicule (véhicule A seul, véhicules A et B attelés, véhicules A et B tractant un avion). Dans ce dernier cas, le gabarit enveloppe varie selon le type d'avion considéré. L'attribution d'un tel gabarit enveloppe permet d'éviter tout risque de collision, en prenant en compte les dimensions de l'avion remorqué par chacun des véhicu-

les A.

Pour élaborer les instructions qui sont transmises à chacun des véhicules tracteurs A, l'unité centrale de gestion 18 reçoit à la fois des données en provenance de l'extérieur et des données en provenance de chacun des véhicules tracteurs A.

Parmi les données qui sont introduites dans l'unité centrale de gestion 18 de l'extérieur, on citera :

- 10 - les arrivées d'avions, leur destination dans l'aérogare ou sur l'aéroport (hangar, aire de stationnement) et la durée de l'opération prévue (débarquement des passagers, avitaillement, nettoyage, etc.),
- les instants prévus de fin d'opération (par exemple, 15 débarquement de passagers) et les instants confirmés d'avions prêts pour le prochain mouvement,
- les destinations de l'avion après la fin de l'opération en cours confirmée (seuil de piste, aire de service, hangar, etc.).

20 Ces données comprennent également toutes les caractéristiques utiles pour la gestion des véhicules telles que le type et la masse de l'avion.

Toutes ces données variables sont introduites dans l'unité centrale de gestion 18 par clavier ou par 25 transfert de données. Les signaux de fin d'opérations sont introduits par transmission de données à partir des postes correspondants (par exemple, salle d'embarquement), validés par un signal émis par l'équipage. Ce signal peut transiter par les véhicules d'interface 30 B et tracteur A ou bien être transmis verbalement ou de façon automatique, par le système de transmission VHF de l'avion, sur une fréquence appropriée qui peut être la fréquence utilisée au sol. Le signal émis dans la salle d'embarquement est alors validé par le contrôleur 35 au sol et injecté dans l'unité centrale de gestion 18.

Les données reçues par l'unité centrale de gestion 18, en provenance de chacun des véhicules tracteurs A, sont contenues dans des signaux émis à intervalles réguliers (par exemple, chaque seconde) par l'émetteur/récepteur 68 de chaque véhicule A, issus du circuit 66 de ce véhicule. Comme on l'a déjà mentionné, ces signaux permettent à l'unité centrale de gestion 18 de connaître la position absolue et la vitesse de chacun des véhicules tracteurs A, ainsi que d'autres informations concernant l'état de ces véhicules.

Par exemple, en cas de stationnement prolongé d'un véhicule A sans dételage, un signal de cessation de transmission est envoyé à l'unité centrale de gestion 18, qui peut toujours interroger le véhicule A considéré. En l'absence d'un tel signal de cessation de transmission, la non réception par l'unité centrale de gestion 18 de n signaux consécutifs en provenance d'un véhicule tracteur A donné a pour conséquence l'émission par l'unité centrale de gestion d'un ordre de mise en position de sécurité de ce véhicule tracteur A, si le véhicule d'interface B qui lui est associé n'est pas attelé à un avion. Si le véhicule d'interface est attelé à un avion, un message phonique est envoyé automatiquement à ce dernier sur la fréquence de veille et un ordre de ralentissement, puis d'arrêt est donné au véhicule A. Suivant la réponse du pilote, le calculateur de l'unité centrale de gestion 18 peut être réarmé ou non par un opérateur.

En se référant à nouveau à la figure 3, on voit que chacun des véhicules tracteurs A comporte un calculateur de guidage ou de lissage 72 qui permet, notamment à partir des signaux délivrés par le circuit 66, de calculer par interpolation et extrapolation la trajectoire probable du centre de gravité de ce véhicule A dans un intervalle de temps déterminé après la récep-

tion de signaux GPS par les récepteurs 50 et 54. Plus
précisément, le calculateur de guidage 72 comprend un
algorithme d'interpolation qui permet de déterminer la
position supposée du centre de gravité du véhicule
5 considéré, entre deux réceptions GPS, afin d'assurer
le suivi continu de la trajectoire et son recalage fin.
Le calculateur de guidage 72 comprend également un algo-
rithme d'extrapolation qui permet de prévoir la trajec-
toire du centre de gravité du véhicule tracteur A
10 considéré.

Les données de position déterminées par le
calculateur de guidage 72 sont transmises en retour au
circuit 66 et font partie des informations qui sont
acheminées jusqu'à l'unité centrale de gestion 18 au
15 travers des émetteurs/récepteurs 68 et 70. Elles servent
notamment à déterminer le gabarit enveloppe GE associé
à chaque véhicule tracteur A, au moins lorsqu'un avion
est remorqué, pour que son déplacement puisse s'effec-
tuer en toute sécurité sur l'aéroport.

20 Chacun des véhicules tracteurs A comprend
également un calculateur de pilotage ou de navigation
74, illustré sur la figure 3, qui détermine notamment
l'orientation instantanée qui doit être donnée aux roues
26 du véhicule considéré, pour suivre la trajectoire
25 correspondant à la mission impartie à ce véhicule. Des
asservissements de direction et de vitesse 76 assurent
l'interface entre les calculateurs 72 et 74 d'une part
et, d'autre part, les moyens de propulsion 28 ainsi que
des moyens 78 de commande de direction (figure 2),
30 servant à contrôler la direction des roues 26 du véhi-
cule A.

Comme l'illustre la figure 3, afin de lui
permettre d'effectuer les interpolation et extrapolation
désirées, le calculateur de guidage 72 de chacun des
35 véhicules tracteurs A est associé à un système inertiel

82 tel qu'une centrale à inertie à deux ou trois axes. Une centrale à inertie à deux axes est suffisante si l'aéroport ne comporte pas de dénivellations significatives et si les bretelles et aires sur lesquelles circulent les véhicules sont suffisamment planes. Dans le cas contraire, une centrale à inertie à trois axes sera préférée.

Il est à noter que le système inertiel 82 équipant chacun des véhicules tracteurs A constitue également un conservateur de cap précis, permettant d'assurer l'alignement de l'axe du véhicule par rapport à un axe de référence donné, notamment au voisinage du rendez-vous avec l'avion.

Comme on l'a mentionné précédemment, le système GPS équipant chacun des véhicules A constitue le premier niveau d'un ensemble de trois systèmes de navigation absolue utilisés conjointement.

Le deuxième niveau de navigation absolue de chacun des véhicules A est constitué par un système de navigation sur amers, dont la partie embarquée sur chacun des véhicules A est illustrée schématiquement en 84 sur la figure 3. Cette partie embarquée comprend essentiellement un calculateur qui reçoit les signaux électriques délivrés par un système optique 86 (figure 4), et délivre des signaux de position qui sont transmis au calculateur de guidage 72, de même que les signaux de position GPS en provenance du circuit 66.

Le système optique 86 implanté sur chacun des véhicules A comprend une source lumineuse et un détecteur optique. Il est monté de façon à pouvoir observer d'un même emplacement au moins trois des amers passifs identifiés 22 (figures 1 et 4) qui sont situés sur l'aéroport, sur les bords des bretelles et des aires où sont amenés à se déplacer les véhicules A. Ce deuxième système de navigation utilise le principe connu de

la triangulation pour déterminer à chaque instant les coordonnées de chacun des véhicules tracteurs A. Les amers 22 sont des balises réflectrices telles que des catadioptrés, qui renvoient vers chacun des véhicules le faisceau lumineux émis par la source du système optique 86 de ce véhicule.

Etant donné que des obstacles peuvent se trouver entre les véhicules tracteurs A et certains des amers 22, ces derniers sont identifiés, de telle sorte qu'ils renvoient le faisceau lumineux vers le système optique 86 selon un code (par exemple, du type code-barres) propre à chacun des amers. La partie 84 du système de navigation sur amers, embarquée sur chacun des véhicules A, comprend un calculateur qui possède en mémoire la carte complète des amers identifiés présents sur l'aéroport, afin que la position du véhicule puisse être déterminée par ce calculateur sans risque d'erreur.

Le troisième niveau de navigation absolue des véhicules tracteurs A comprend un système de balises radioélectriques passives dont le système d'interrogation embarqué sur chacun des véhicules A est représenté schématiquement en 88 sur la figure 3. Ce système d'interrogation 88 permet de reconnaître les balises radioélectriques passives identifiées 24 (figures 1 et 4) qui sont noyées dans le béton des bretelles et des aires sur lesquelles sont appelés à se déplacer les véhicules A, selon les trajectoires de déplacement de ces véhicules. Ainsi, les balises 24 sont normalement disposées selon les axes des bretelles de l'aéroport ou sur les trajets prescrits sur les aires de manœuvre près de l'aérogare ou des hangars.

Le système d'interrogation 88 comprend un calculateur qui possède en mémoire le plan des balises passives identifiées 24, de sorte que la rencontre de chacune de ces balises permet à ce système de transmet-

tre au calculateur de guidage 72 les informations de position correspondant à cette balise.

A l'intérieur du calculateur de guidage 72, les trois systèmes de navigation absolue font l'objet
5 d'un contrôle de cohérence, qui permet d'éliminer toute information incompatible avec celles qui sont reçues des autres systèmes.

Les asservissements 76 (figure 3) de direction et de vitesse permettent de commander les déplacements
10 de chacun des véhicules A selon des lois d'asservissements qui varient en fonction de l'état de ce véhicule.

Ainsi, lorsqu'un ensemble formé par deux véhicules A et B associés se déplace sur des chaussées propres, ses déplacements sont commandés selon des lois
15 qui reproduisent un mouvement voisin du mouvement d'un véhicule avec conducteur. Les vitesses moyennes de déplacement de cet ensemble le long de sa trajectoire dépendent alors de la zone de cette trajectoire sur laquelle il évolue.

20 Lorsque un avion est attelé à un ensemble formé des deux véhicules A et B, la vitesse de déplacement est limitée, par exemple, à environ 9 km/h (5 nœuds), sauf sur les portions rectilignes où elle est fixée, par exemple, à environ 18 km/h (10 nœuds). La loi
25 d'asservissement en direction est alors telle que les accélérations longitudinales et transversales sont limitées afin que les efforts sur l'atterrisseur avant de l'avion restent en dessous des maximum opérationnels.

Lorsque le véhicule tracteur A est en période
30 de rendez-vous, c'est-à-dire sur le point d'être rattrapé par un avion poussant un véhicule d'interface B, il est souhaitable de maintenir l'axe du véhicule tracteur A parallèle à une direction déterminée correspondant à la direction d'avance de l'avion. Au contraire, lors-
35 que le véhicule tracteur A est attelé à un véhicule

d'interface B, que ce dernier soit ou non attelé à un avion, il est préférable que les déplacements du véhicule tracteur A soient tels que son centre de gravité G reste en permanence sur la trajectoire de déplacement
5 T désirée pour ce véhicule (figures 5 et 6).

A cet effet, les lois d'asservissements utilisées sur chacun des véhicules tracteurs A permettent donc de faire passer la direction de ce véhicule d'un mode de roulement normal, illustré sur la figure 5, à
10 un mode de rendez-vous, illustré sur la figure 6. Dès que le véhicule d'interface B est décroché du véhicule tracteur A.

Comme le montre la figure 5, dans le mode de roulement normal du véhicule A, seules les roues avant
15 26 sont directrices et les changements de direction sont tels que les normales aux plans de ces roues passent par le centre instantané de rotation I du véhicule A. Ce centre instantané de rotation I est situé sur la normale à l'axe de symétrie longitudinal du véhicule A
20 passant par son centre de gravité G.

Au contraire, et comme l'illustre la figure 6, lorsque le véhicule A est séparé du véhicule d'interface B et après que ce dernier ait été rejoint par l'avion, la loi d'asservissement utilisée sur le véhicule
25 A est modifiée, de façon à placer la direction de ce véhicule dans un mode de rendez-vous, dans lequel les quatre roues 26 sont directrices et situées en permanence dans des plans parallèles. On comprend en observant la figure 6 que ce mode de déplacement permet au véhicule tracteur A, qui se déplace alors dans le même sens
30 que le véhicule B poussé par l'avion, de rejoindre la trajectoire T du véhicule d'interface B, en suivant une trajectoire T' qui coupe cette trajectoire T, tout en maintenant son cap initial. Comme le montre la figure 6,
35 ce cap peut être corrigé afin d'être orienté parallèle-

ment à la trajectoire T. Le mouvement de pivotement du bras d'attelage 40 (figure 2) peut alors être supprimé. Au contraire, ce mouvement est maintenu si le cap du véhicule tracteur A n'est pas corrigé. Cette caractéristique facilite l'accrochage du véhicule B sur le véhicule A lorsque la trajectoire T' a rejoint la trajectoire T et lorsque le véhicule d'interface B a rejoint le véhicule tracteur A.

Au contraire des véhicules A, dont on a vu qu'ils étaient dotés de trois systèmes de navigation absolue superposés, les véhicules d'interface B sont dépourvus de tout système de navigation absolue et leurs déplacements sont assurés, pour l'essentiel, par des systèmes de navigation relative par rapport aux véhicules tracteurs A auxquels les véhicules d'interface B sont associés.

Comme l'illustre schématiquement la figure 7, le système de navigation relative entre le véhicule d'interface B et le véhicule tracteur A comprend un ou deux gyrophares P1, P2, installés à l'arrière du véhicule A et tournant à vitesse corrigée de manière à être constante par rapport à un repère fixe, plutôt que par rapport au véhicule A, autour de leurs axes verticaux. Chacun des gyrophares P1 et P2 émet deux faisceaux lumineux F1, F'1 et F2, F'2, décalés d'un angle α donné, par exemple 10° , l'un par rapport à l'autre. De son côté, le véhicule d'interface B supporte à son extrémité avant deux ensembles Q1 et Q2 comprenant chacun un capteur associé à un rétrorélecteur.

Les faisceaux F1, F'1, F2 et F'2 émis par les gyrophares P1 et P2 sont de couleurs différentes. Ils peuvent notamment être obtenus au moyen de filtres, à partir d'une même source laser. Des capteurs (non représentés) sensibles aux couleurs des faisceaux émis par les gyrophares P1 et P2 sont également implantés sur

Le véhicule tracteur A, à proximité de chacun des gyrophares.

Dans le système de navigation qui vient d'être décrit en se référant à la figure 7, les capteurs des ensembles Q1 et Q2 permettent de mesurer les différences de temps mis par les deux faisceaux émis par chacun des gyrophares pour atteindre ces détecteurs. Un calculateur 90, monté sur le véhicule d'interface B, en déduit les distances P1, Q1 et P1, Q2. A partir de ces distances, le calculateur 90 détermine la distance P-Q séparant des points P et Q situés à l'arrière du véhicule A et à l'avant du véhicule B sur les axes longitudinaux de ces véhicules. Le calculateur 90 détermine également l'orientation θ de l'extrémité avant Q1-Q2 du véhicule B par rapport à l'extrémité arrière P1-P2 du véhicule A, c'est-à-dire l'orientation de l'axe longitudinal du véhicule B par rapport à celui du véhicule A, qui est connu avec précision.

Lorsque le véhicule tracteur A comporte deux gyrophares P1-P2, les mesures effectuées sont redondantes, ce qui constitue une sécurité et permet éventuellement d'accroître la précision des calculs.

Il est à noter qu'en variante, les faisceaux émis par le ou les gyrophares équipant le véhicule A peuvent présenter la même longueur d'onde mais être modulés différemment dans le temps, ce qui permet de les distinguer.

Par ailleurs, si le mode de rendez-vous décrit précédemment en se référant à la figure 6 n'est pas adopté pour le déplacement du véhicule tracteur A, le ou les gyrophares peuvent tourner à une vitesse qui, au lieu d'être constante par rapport à un repère fixe, est corrigée en prélevant sur le conservateur de cap ou sur la centrale à inertie un signal représentatif de la vitesse angulaire de l'axe longitudinal du véhi-

culé A.

La présence sur le véhicule tracteur A de deux capteurs associés aux gyrophares P1 et P2 permet d'effectuer sur ce véhicule les mêmes mesures que celles
5 qui sont effectuées par les capteurs des ensembles Q1 et Q2 sur le véhicule d'interface B. Un calculateur 92 associé aux deux capteurs montés sur le véhicule A permet à ce véhicule d'acquérir les données relatives à la distance P-Q et à l'angle θ formé par les axes
10 longitudinaux des véhicules A et B.

Ce système de navigation relatif permet par conséquent de contrôler à la fois les déplacements du véhicule B lorsqu'il se sépare du véhicule A et les déplacements du véhicule A lorsque l'avion pousse le
15 véhicule B sur la bretelle de sortie de la piste. De ce point de vue, il est à noter que les rétroréflecteurs des ensembles Q1 et Q2 constituent des moyens de repérage du véhicule B et les capteurs associés aux gyrophares P1 et P2, ainsi que le calculateur 92, des moyens
20 de pilotage du véhicule A, coopérant avec les moyens de repérage.

Dans une variante de réalisation du système de navigation relative entre le véhicule d'interface B et le véhicule tracteur A qui vient d'être décrit en
25 se référant à la figure 7, ce système de navigation est remplacé ou, de préférence, combiné avec un système à câble illustré très schématiquement sur la figure 8. Ce système comprend un câble 96 qui est tendu en permanence entre les points P et Q des véhicules A et B. Par
30 exemple, l'une de ses extrémités est fixée au point Q du véhicule d'interface B, et le câble 96 passe entre des poulies situées au point P du véhicule tracteur A, avant de s'enrouler sur un système de tension 98 monté sur ce véhicule tracteur A.

35 Le câble 96 peut être un simple filin permet-

tant d'acquérir des informations relatives à la distance PQ et à l'angle θ formé par les axes longitudinaux des deux véhicules, lorsque ceux-ci sont à proximité l'un de l'autre. Plus précisément, lorsque les deux véhicules A et B sont très espacés, la longueur de la partie déroulée du câble 96, mesurée depuis le véhicule A, permet d'estimer avec une précision satisfaisante la distance PQ. Lorsque les deux véhicules se rapprochent, les forces parasites (poids, influence du vent) deviennent faibles devant la tension exercée sur le câble, de telle sorte que la mesure des angles du câble avec la structure de chacun des véhicules A et B permet de connaître l'orientation relative entre les axes longitudinaux des véhicules A et B. De plus, la longueur du filin donne alors une valeur précise de la distance PQ. Ces indications sont utilisées dans les calculateurs de pilotage 90, 92 (figure 7) des véhicules A et B.

Le câble 96 peut aussi être un câble multiconducteurs et/ou à fibre optique, permettant le transfert d'informations (par exemple, confirmation d'actions exécutées par le véhicule B) entre les véhicules A et B et, éventuellement, un transfert d'énergie du véhicule A vers le véhicule B afin de motoriser ce dernier. Lorsque ce n'est pas le cas, les informations sont transmises par radio entre les véhicules A et B.

Dans la pratique et comme on le verra plus en détail ultérieurement, le véhicule d'interface B se sépare du véhicule tracteur A alors que l'ensemble formé par les deux véhicules est en attente sur la bretelle 12 (figure 1) et que l'avion se déplaçant sur cette bretelle arrive à une distance déterminée dudit ensemble (par exemple, environ 100 m). Dans un souci de redondance, cette distance est acquise par deux moyens totalement indépendants.

Un premier de ces moyens est constitué par

un télémètre laser 94 (figures 2 et 9), implanté en P sur le véhicule tracteur A, de façon à émettre vers l'arrière, au-dessus du véhicule d'interface B, un faisceau lumineux dont la longueur d'onde est différente de celle des faisceaux émis par les gyrophares P1 et P2 et qui est choisie dans une fenêtre de transparence atmosphérique physiologiquement acceptable par l'œil, bien que ce faisceau n'atteigne normalement jamais le niveau du parebrise de l'avion. Le faisceau émis par le télémètre laser 94 atteint un rétroréflecteur 102 placé sur le fût de l'atterrisseur avant TA de l'avion et constituant une modification mineure qui peut aisément être faite sur les avions existants. Grâce à ce rétroréflecteur, le télémètre laser 94 permet de mesurer avec une bonne précision la distance séparant le véhicule A de l'avion.

La deuxième source d'acquisition de la distance séparant le véhicule tracteur A de l'avion lorsque l'ensemble des véhicules A et B attend l'avion sur la bretelle de sortie de piste 12 (figure 1) est constituée par les signaux délivrés par trois détecteurs de passage 96 qui sont placés à l'entrée d'une partie rectiligne de la bretelle 12, afin de détecter le passage d'un avion, comme l'illustre la figure 1. Ces signaux sont transmis à l'unité centrale de gestion 18 qui en déduit, en plus de l'information relative à l'arrivée de l'avion sur la bretelle, la vitesse et l'accélération de cet avion. Etant donné que la position précise du véhicule A est connue par ailleurs des moyens de navigation absolue décrits précédemment, l'unité centrale de gestion 18 fournit également au véhicule A une indication sur la distance séparant ce véhicule de l'avion.

Lorsque le véhicule d'interface B a été largué par le véhicule tracteur A, la mesure de la distance séparant ce dernier de l'avion par le télémètre 94 peut

dans certains cas être perturbée par la présence du véhicule d'interface B. Pour cette raison, un second dispositif permettant de mesurer les distances séparant le véhicule A de l'avion et du véhicule B peut être
5 prévu. Ce dispositif peut être un radar de courte portée 102 (figure 9), visant vers l'arrière, dans l'axe longitudinal du véhicule A. Pour mesurer la distance séparant le véhicule A du véhicule B, dont la surface équivalente radar (S.E.R.) est trop faible, un rétro-
10 réflecteur radar 103 peut alors être placé sur le véhicule B. Afin d'éviter toute ambiguïté sur les échos reçus de l'avion et du véhicule B, un répondeur passif (non représenté) peut être placé sur l'avion. Ce répondeur retarde le retour des échos émis par l'avion d'un
15 délai prédéterminé, qui est de préférence supérieur au temps de parcours des échos correspondant à la distance maximale d'utilisation opérationnelle du dispositif (par exemple, pour 100 m, 3 μ s).

Afin que la rencontre du véhicule d'interface
20 B avec l'avion puisse se faire dans de bonnes conditions, il est nécessaire d'ajouter aux connaissances de la position et de l'orientation absolues du véhicule A, de la position et de l'orientation du véhicule B par rapport A et de la distance séparant l'avion du véhicule
25 A, des moyens pour que le véhicule B puisse détecter l'atterrisseur avant de l'avion et connaître l'orientation de cet atterrisseur avant par rapport à son axe longitudinal.

Ces moyens comprennent un premier détecteur
30 de présence de l'atterrisseur avant de l'avion à recueillir, constitué par exemple par un télémètre laser 100 monté sur le véhicule B et visant vers l'arrière, selon son axe. Ce télémètre, associé à un rétro-ré-
35 flecteur 95 placé sur le fût de l'atterrisseur avant de l'avion permet de mesurer la distance séparant le véhi-

cule B de l'avion dans une gamme de distances qui peut varier entre 0 et 50 m.

A ce premier détecteur de présence de l'atterrisseur avant de l'avion est associé un second détecteur de reconnaissance de l'atterrisseur, plus complexe que le premier, qui permet d'agir par des asservissements sur les moyens de propulsion 36 et sur des moyens 37 (figure 2) de commande de direction des roues 32 et 34 du véhicule d'interface B, afin d'assurer à la fois un contrôle de la vitesse et de l'orientation du véhicule B par rapport à l'avion juste avant l'accrochage.

Ce second détecteur de reconnaissance de l'atterrisseur comprend une caméra de télévision 105 (figure 9) portée par le véhicule B et une mire à ombre portée 104 placée sur le fût de l'atterrisseur avant TA de l'avion. La caméra de télévision 105 fonctionne de préférence en lumière infrarouge, ce qui élimine toute interférence avec le soleil. La mire 104 comprend une surface verticale en forme de rectangle allongé, disposée parallèlement à l'axe des roues de l'atterrisseur avant de l'avion et peinte à la manière d'un damier. Une plaque opaque perpendiculaire à cette surface verticale est placée au centre de la mire, de façon à faire de l'ombre d'un côté ou de l'autre de celle-ci, tant que la direction suivie par l'atterrisseur avant de l'avion n'est pas parfaitement confondue avec l'axe du véhicule B. La longueur de la mire est précise, de même que la longueur de la plaque opaque placée en son milieu.

L'analyse de l'image de cette mire fournie par la caméra 105 permet de déterminer la distance du véhicule B à la mire et la position angulaire de l'axe longitudinal de l'avion par rapport à l'axe longitudinal du véhicule B. Pour cela, un calculateur prend en compte la longueur de l'image de la mire et la longueur de l'ombre de la plaque perpendiculaire à celle-ci.

Lorsque la mire 104 est placée sur la partie orientable de l'atterrisseur avant ou sur le fût, parallèlement à l'axe des roues, comme l'illustre la figure 9, le dispositif de reconnaissance de l'atterrisseur avant qui vient d'être décrit donne directement la distance séparant le véhicule B de l'atterrisseur avant et l'orientation instantanée des roues de l'atterrisseur avant.

La localisation de l'atterrisseur avant par rapport au véhicule B et, dans certains cas, son orientation instantanée par rapport à ce véhicule, sont donc connues. Ces informations permettent la mise en position dynamique du véhicule B devant l'atterrisseur avant, dans une position permettant la saisie de cet atterrisseur par un dispositif d'attelage dont différents modes de réalisation vont à présent être décrits.

Sur la figure 10, on a représenté un premier mode de réalisation des moyens d'attelage du véhicule d'interface B sur l'atterrisseur avant d'un avion, dans l'hypothèse d'une normalisation des points d'attelage sur les avions. Le véhicule B porte alors à l'arrière une barre d'attelage 106 munie à son extrémité d'un système d'accrochage constitué, dans le mode de réalisation représenté, par deux mors articulés 108, dont le pivotement commandé par un vérin (non représenté) permet de venir emprisonner entre ces mors un organe d'accrochage 110 monté à demeure sur le fût de l'atterrisseur avant TA de l'avion.

On a également représenté sur la figure 10 le télémètre 94 et la caméra 105 permettant, en coopération avec un réflecteur 95 et avec une mire optique 104 également montés sur le fût de l'atterrisseur avant, de placer le véhicule B dans la trajectoire de l'avion au moment de leur rencontre. Il peut s'agir, dans ce cas, d'un dispositif optique de reconnaissance de scène

de conception classique.

Dans la pratique, on peut penser que la normalisation des points d'attelage sur les atterrisseurs avant des avions n'interviendra que progressivement
5 après l'entrée en service de l'installation selon l'invention. Pour cette raison, deux autres modes de réalisation des moyens d'attelage sont également proposés, pour permettre d'atteler le véhicule d'interface B à un avion dépourvu de point d'attelage normalisé.

10 Sur la figure 11, on a représenté un premier de ces modes de réalisation, dans lequel le véhicule B est équipé d'une plateforme horizontale surbaissée, dans sa partie arrière, et d'une rampe d'accès 114, normalement repliée vers le haut et qui est déployée vers le
15 sol au moment du rendez-vous. Dans la pratique, la plateforme peut être formée d'un ou plusieurs rouleaux 116 tournant librement autour de leurs axes, qui sont orientés transversalement par rapport au véhicule B. Un autre rouleau 118, parallèle au rouleau 116, sert de butée
20 vers l'avant à la ou aux roues de l'atterrisseur avant de l'avion.

Afin d'emprisonner la ou les roues de l'atterrisseur avant de l'avion lorsque celles-ci sont montées sur la plateforme, le véhicule d'interface B porte également des rouleaux 120 de blocage des roues, qui sont
25 articulées de part et d'autre de la plateforme 116 autour de deux axes verticaux, de façon à pouvoir se déplacer entre une position libérant l'accès à la plateforme, dans laquelle les axes des rouleaux sont orientés
30 vers l'arrière parallèlement à l'axe longitudinal du véhicule B, et une position de blocage des roues dans laquelle les axes des rouleaux 120 sont parallèles aux axes des rouleaux 116 et 118.

Bien entendu, la largeur de la plateforme est
35 sensiblement supérieure à la largeur de la ou des roues

de l'atterrisseur avant de l'avion, pour tenir compte du décalage de quelques centimètres qui peut exister entre l'axe longitudinal du véhicule B et l'axe de l'atterrisseur avant lorsque les roues de ce dernier montent sur la plateforme.

Lorsque les roues de l'atterrisseur avant montent sur la plateforme, le pilote de l'avion doit désolidariser le volant ou la manette de commande de l'orientation de l'atterrisseur avant, afin que le contrôle de la direction de l'avion soit assuré par le véhicule d'interface B. En variante, le même résultat peut être obtenu en montant l'ensemble des rouleaux 116, 118 et 120 sur une partie du véhicule B libre en rotation autour d'un axe vertical coupant l'axe longitudinal du véhicule B.

Les figures 12 et 13 représentent un deuxième mode de réalisation des moyens d'attelage du véhicule B, pouvant être utilisé lorsque l'atterrisseur avant de l'avion est dépourvu de point d'attelage normalisé.

Ce mode de réalisation des figures 12 et 13 se distingue essentiellement du précédent par le fait qu'au lieu de reposer sur une plateforme surbaissée du véhicule B, la ou les roues de l'atterrisseur avant de l'avion restent en appui sur le sol. L'arrière du véhicule d'interface B présente alors une partie centrale évidée 122 dont la largeur est telle qu'un éventuel décalage de quelques centimètres entre l'axe du véhicule B et la ou les roues de l'atterrisseur avant de l'avion au moment du rendez-vous n'empêchent pas la pénétration de ces roues dans l'évidement 122.

Comme dans le mode de réalisation précédent, la ou les roues de l'atterrisseur avant de l'avion viennent en appui contre des rouleaux de butée 118 placés à l'avant de l'évidement 122 et tournant librement autour de leurs axes orientés transversalement par rap-

port au véhicule B. Des capteurs (non représentés) détectent la venue en appui de la ou des roues de l'atterrisseur avant de l'avion contre les rouleaux 118 et commandent alors le pivotement de rouleaux 120 de blo-
5 cage des roues, dont la structure est identique à celle des rouleaux 120 des moyens d'attelage décrits précédemment en se référant à la figure 11.

Dans ce mode de réalisation des figures 12 et 13, les capteurs commandant le pivotement des rou-
10 leaux 120 autour de leurs axes d'articulation peuvent également avoir pour effet de libérer la directivité des roues avant 32 et arrière 34 du véhicule B. C'est alors le pilote de l'avion qui continue à assurer le contrôle de la direction celui-ci.

15 En variante, l'attelage de l'atterrisseur avant de l'avion sur le véhicule d'interface B peut aussi avoir pour effet de conduire à la libération de la direction de l'atterrisseur avant, de telle sorte que le contrôle de la direction de l'avion est alors
20 assuré automatiquement par le véhicule B, comme dans le mode de réalisation de la figure 11.

Dans ce dernier cas, la neutralisation de la direction de l'atterrisseur avant de l'avion peut être
25 obtenue soit directement par une action du pilote, soit au moyen d'un bras robotisé (non représenté) venant neutraliser le système de directivité de l'atterrisseur avant de façon automatique.

Comme on l'a illustré schématiquement en 124 sur la figure 12, le véhicule d'interface B peut compor-
30 ter de façon optionnelle un bras articulé robotisé 124 conçu pour assurer l'ouverture de la porte d'une prise de parc 126 de l'avion attelé à ce véhicule, puis l'in-
sertion d'une prise d'alimentation dans cette prise de parc. Il est ainsi possible, à partir d'une source
35 d'énergie (non représentée) implantée sur le véhicule

tracteur A, d'assurer l'alimentation en énergie, au moins électrique, dès que le véhicule B est attelé sur le véhicule tracteur A, ou même avant si ces deux véhicules sont reliés par un câble 96 apte à transmettre
5 cette énergie comme on l'a décrit précédemment en se référant à la figure 8.

La mise en œuvre de l'installation qui vient d'être décrite en se référant aux figures 1 à 13 va à présent être exposée.

10 Le calculateur de l'unité centrale de gestion 18 a connaissance, à chaque instant, de la position des véhicules, de leur vitesse et du gabarit enveloppe associé, lorsqu'un avion est remorqué par un couple de véhicules A + B. Il connaît également la destination de
15 chacun des véhicules et les différents trajets possibles.

Les trois systèmes de navigation qui équipent chacun des véhicules tracteurs A permettent une localisation précise de ceux-ci et, par conséquent, une localisation précise des véhicules complexes A + B et
20 A + B + avion. Les circulations de ces véhicules peuvent donc être assimilées à des circulations de véhicules sur un réseau linéaire maillé. La résolution des couplets peut être faite aisément en affectant aux algorithmes de gestion du calculateur équipant l'unité
25 centrale de gestion 18 un critère du type "premier appel, premier servi". L'algorithme résoud alors sans difficulté tout conflit tel qu'un croisement ou une fusion de trajectoires.

30 La gestion globale des véhicules assurée par l'unité centrale de gestion 18 peut alors se faire de la façon suivante.

Lorsqu'ils sont inutilisés, les véhicules A + B sont stockés sur une aire de stationnement 126
35 (figure 1), pour chaque aérogare. Cette aire de sta-

tionnement 126 permet également d'assurer la maintenance des véhicules.

A un instant donné, l'unité centrale de gestion 18 a en sa possession toutes les informations concernant les cinq à dix avions attendus à l'atterrissage dans les 10 à 20 min suivantes. L'unité centrale de gestion 18 cherche le véhicule complexe A + B le plus proche de la bretelle de sortie de piste 12 sur laquelle doit s'effectuer le rendez-vous avec l'avion de rang n dans la séquence des avions attendus. En cas de risque de conflit, l'unité centrale 18 cherche le véhicule complexe A + B qui peut être amené sur cette bretelle de la façon la plus simple. Il est à noter que cette recherche peut également prendre en compte le type de l'avion attendu, dans le cas où les véhicules B seraient de différents types, notamment en ce qui concerne leur moyen d'attelage aux avions.

Lorsqu'un véhicule complexe A + B a été choisi par l'unité 18 pour aller chercher l'un des avions attendus à l'atterrissage, ce véhicule circule vers le point de rendez-vous selon un trajet déterminé qui peut passer par les bretelles et aires de circulation des avions ou par une chaussée latérale 128 (figure 1) réservée à la circulation de ces véhicules. Ces chaussées 128 peuvent notamment être placées parallèlement aux bretelles de circulation des avions, à une distance telle qu'une collision avec les réacteurs externes ne puisse avoir lieu. La hauteur des véhicules A et B est cependant telle qu'ils peuvent passer sous la partie d'aile située au-delà des réacteurs externes des avions gros porteurs.

Le point de rendez-vous des véhicules complexes A + B est situé sur une partie rectiligne, d'environ 200 m, de la bretelle 12, en un emplacement relativement éloigné de l'extrémité de celle-ci par laquelle arrivent

les avions. Ce point de rendez-vous peut être latéral sur la bretelle ou, comme l'illustre la figure 1, dans l'axe de celle-ci. Le véhicule complexe A + B, en attente sur la chaussée 128 et devant assurer les déplacements au sol du prochain avion à l'atterrissage se rend en ce point d'attente dès que l'avion précédent a évacué la partie rectiligne de la bretelle 12 constituant l'aire de rendez-vous.

L'arrivée de l'avion à recueillir sur cette aire de rendez-vous est détectée par les trois détecteurs de passage 96 situés à l'entrée de la partie rectiligne de la bretelle 12. Les signaux émis par ces détecteurs lors du passage de l'avion sont transmis à l'unité centrale de gestion 18, qui transmet à son tour au véhicule A en attente au point de rendez-vous un signal comportant notamment une indication de la vitesse et éventuellement de l'accélération de l'avion à recueillir.

Lorsque, grâce aux indications contenues dans ce signal et grâce aux télémètres laser 94 et 100 (figure 9) implantés sur les véhicules A et B, le véhicule complexe A + B sait que l'avion arrive à une distance déterminée de ce véhicule (par exemple 100 m), le véhicule tracteur A largue le véhicule d'interface B qui se déplace vers l'avion à recueillir grâce à ses moyens de propulsion propres 36 et à ses moyens de commande de direction 37, comme l'illustrent les figures 9 et 14. Il se localise alors par rapport au véhicule A grâce aux moyens de navigation relative P1, P2, Q1, Q2, 96 qui ont été décrits précédemment en se référant aux figures 7 et 8.

La localisation du véhicule B prend en compte les informations fournies par l'unité centrale de gestion 18 au véhicule tracteur A, concernant la valeur estimée de la distance entre le véhicule d'interface

B et l'avion. Cette valeur estimée est calculée dans l'unité centrale de gestion 18, à partir de la connaissance précise des coordonnées du véhicule tracteur A et de la connaissance de la trajectoire, de la vitesse et de l'accélération de l'avion. La valeur estimée de la distance B-avion est également connue des informations fournies notamment par le télémètre laser 100 qui équipe le véhicule d'interface B. Il est à noter qu'au début de ce déplacement du véhicule B vers l'avion, le véhicule B reste centré sur l'axe de la bretelle 12.

Lorsque la distance séparant le véhicule d'interface B de l'avion atteint une certaine valeur (10 à 15 m), le véhicule B s'immobilise et repart en sens inverse, c'est-à-dire dans le même sens que l'avion, à une vitesse inférieure à celle de ce dernier, afin que l'avion puisse rejoindre le véhicule B avant le point de rendez-vous où attend le véhicule A.

Lorsque la distance séparant le véhicule d'interface B de l'atterrisseur avant de l'avion atteint une valeur déterminée (par exemple, environ 5 m), le détecteur de reconnaissance de l'atterrisseur avant que constitue la caméra 105 entre en action et le véhicule B, de grande mobilité, est asservi aux mouvements de l'atterrisseur avant TA, dont il est à noter qu'ils sont de faible amplitude puisque le rendez-vous a lieu sur une partie rectiligne de la bretelle 12.

Lorsque l'avion a rejoint le véhicule d'interface B, l'attelage est réalisé à l'aide des moyens décrits en se référant à la figure 10 ou aux figures 11 à 13, selon que l'atterrisseur avant de l'avion comporte ou non un point d'attelage normalisé. Cet attelage est réalisé sans engendrer de choc important sur l'avion, qui pourrait risquer d'endommager l'atterrisseur avant de l'avion ou d'indisposer les passagers. En effet, le véhicule d'interface B est un

véhicule extrêmement léger par rapport à l'avion.

Dès que l'attelage du véhicule d'interface B sur l'avion est réalisé, les moyens de propulsion propres au véhicule d'interface sont stoppés et celui-ci
5 est simplement poussé par l'avion qui poursuit sa trajectoire vers le véhicule tracteur A (figure 15). Comme on l'a vu, le contrôle de la direction peut, selon le cas, être laissé au pilote de l'avion ou au contraire transféré aux moyens de contrôle de direction 37 qui
10 équipent le véhicule B.

Le véhicule tracteur A, normalement toujours au repos dans l'axe de la partie rectiligne de la bretelle 12 au point de rendez-vous, se met à son tour en route dans le sens de l'avion et à une vitesse inférieure
15 à celle de ce dernier lorsque la distance entre le véhicule A et l'avion atteint une valeur donnée (par exemple 5 m) qui peut dépendre de l'avion recueilli. La direction du véhicule A est alors commandée selon le mode de rendez-vous, c'est-à-dire que les plans des
20 quatre roues 26 de ce véhicule restent en permanence parallèles entre eux. Pendant cette phase, l'acquisition de la distance séparant le véhicule A de l'avion est assurée à la fois par les moyens de navigation relative décrits précédemment en se référant à la figure 7
25 et par le télémètre laser 94 qui est implanté sur le véhicule tracteur A.

La précision des moyens de navigation relative entre les véhicules A et B ainsi que les degrés de liberté dont dispose le bras 40 servant à atteler le
30 véhicule A au véhicule B permettent d'assurer un rendez-vous sans choc entre ces deux véhicules. Lorsque les mors 46 ont saisi l'organe 48 (figure 2), le bras 40 est rendu libre en pivotement et rétracté. Ce sont alors les moyens de propulsion 28 du véhicule A ainsi
35 que les moyens de commande de direction 78 de ce véhi-

cule qui assurent la conduite de l'avion. Si ce dernier est équipé d'une génération autonome de puissance électrique et, éventuellement, d'un système de conditionnement d'air, le pilote peut couper ses réacteurs. On voit
5 donc que les nuisances acoustiques et chimiques dues aux déplacements des avions au sol sont ainsi pratiquement supprimées.

Par ailleurs, lorsque le véhicule d'interface B est équipé d'un bras robotisé 124 comme l'illustre
10 la figure 12, l'alimentation de l'avion en énergie électrique peut aussi être assurée à partir du véhicule A, après ouverture de la porte de prise de parc de l'avion et insertion d'une prise dans cette prise de parc.

Dès que l'attelage du véhicule A sur le véhicule B a eu lieu, le pilote de l'avion n'assure plus
15 qu'une surveillance qui lui permet, en cas d'anomalie, de déclencher un freinage d'urgence qui a pour effet de dételer automatiquement l'atterrisseur avant de l'avion du véhicule B ou de dételer automatiquement le
20 véhicule B du véhicule A, selon la configuration des systèmes d'attelage adoptés. Dans ce cas, le véhicule tracteur A envoie à l'unité centrale de gestion 18 un signal l'informant de cette situation exceptionnelle.

Dans les conditions normales, le véhicule
25 complexe A + B + avion circule selon des trajectoires préétablies sur les différentes aires et bretelles de l'aéroport, en effectuant les missions qui sont confiées au véhicule A par l'unité centrale de gestion 18. L'avion est ainsi amené au lieu prévu qui peut être une
30 passerelle 16 de l'aérogare, un hangar, une aire technique ou une aire de maintenance quelconque. Dès que le débarquement des passagers est terminé, le véhicule A peut amener l'avion automatiquement à une aire de maintenance située au droit des passerelles ou à proximité
35 de celles-ci, pour libérer les passerelles pendant que

des opérations de nettoyage, d'avitaillement, de vérification, etc. sont effectuées sur l'avion. Une telle gestion permet de multiplier par environ 1,5 la rentabilité des passerelles de l'aéroport.

5 Par ailleurs, il est à noter que lorsque l'avion doit rester un certain temps sans bouger, par exemple sur l'aire des hangars de maintenance, le véhicule A peut être détélé du véhicule B afin d'assurer le déplacement d'autres avions au sol.

10 En plus des différents systèmes déjà décrits, l'installation présente avantageusement des dispositifs de sécurité supplémentaires.

 L'un de ces systèmes, qui concerne aussi bien les véhicules A que les véhicules B, est tel que, lorsque l'un de ces véhicules est sur le trajet des avions et ne reçoit pas de message de l'unité centrale de gestion 18 pendant une période déterminée (par exemple, trois secondes), ce véhicule est automatiquement évacué sur le côté, en dehors du gabarit enveloppe maximum des avions. Dans ces conditions, la navigation des véhicules peut utiliser, si nécessaire, les bandes peintes tracées dans l'axe des trajets de déplacement des avions.

20 Par ailleurs, les véhicules A et B sont équipés de dispositifs de détection d'obstacles classiques, dont le fonctionnement est annulé sur les véhicules B, après validation de la détection de l'atterrisseur avant de l'avion.

30 Enfin, on a déjà mentionné la possibilité, pour le pilote de l'avion, de se désolidariser du véhicule B ou du véhicule A, en effectuant un freinage d'urgence.

 Bien entendu, la gestion des différents véhicules A et B assurée par l'unité centrale 18 peut subir 35 différentes modifications par rapport à l'exemple de

mise en œuvre qui vient d'être décrit, notamment dans la phase de rendez-vous avec l'avion.

Ainsi, les deux rendez-vous successifs de l'avion avec le véhicule d'interface B, puis du véhicule B avec le véhicule A, peuvent être obtenus en amenant séparément les véhicules A et B en deux points de rendez-vous distincts sur la partie rectiligne de la bretelle 12. Dans ce cas, comme dans le cas décrit précédemment, le rendez-vous entre le véhicule B et l'avion peut être réalisé alors que le véhicule B est au repos, à condition que les tolérances sur les moyens d'attelage existant entre le véhicule B et l'avion soient suffisantes pour tenir compte des éventuels décalages de l'atterrisseur avant de l'avion par rapport à l'axe de la piste.

Dans le même esprit et selon une variante de réalisation de l'invention, les véhicules B peuvent être des véhicules totalement passifs, c'est-à-dire dépourvus de moyens de propulsion propres. Ces véhicules sont alors soit montés sur coussin d'air, soit sur des roues folles, afin de limiter autant que possible les chocs lors du rendez-vous de l'avion avec ces véhicules.

Dans ce cas, les véhicules B peuvent être placés au point prévu pour leur rendez-vous avec l'avion par des moyens de manutention disposés sur le côté de la bretelle 12. Ils peuvent aussi être amenés en ce point par les véhicules A, qui s'en séparent ensuite en s'éloignant de la bretelle dans le même sens que l'avion, afin que ce dernier rencontre le véhicule B avant le véhicule A.

Bien entendu, l'installation selon l'invention peut subir de nombreuses autres modifications sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, on comprendra que les différents moyens de navigation, de mesure de distance, de reconnaissance de forme et d'attelage

décrits ne constituent que des exemples de réalisation et qu'ils peuvent être remplacés par des moyens techniquement équivalents.

Par ailleurs, des véhicules de service comparables à ceux qui sont utilisés actuellement sur les aéroports, peuvent être dotés de dispositifs automatiques comparables à ceux qui occupent les véhicules A et circuler sans conducteur, grâce à des ordres également fournis par l'unité centrale de gestion 18. De plus, si ces véhicules de service sont conduits par un conducteur, ils sont avantageusement équipés d'un système portatif de guidage tel qu'un système à aiguilles croisées, comprenant par exemple une aiguille de direction, que le conducteur doit maintenir verticale, et une aiguille d'accélération, qu'il doit maintenir horizontale.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour déplacer de façon automatisée un objet non coopératif, sans induire de choc important sur cet objet, caractérisé par le fait qu'il consiste :

- 5 - à provoquer la rencontre de l'objet avec un véhicule d'interface (B), relativement léger par rapport à cet objet et comportant des moyens de repérage (Q1, Q2, 103) ;
- à accoupler l'objet et le véhicule d'interface ;
- 10 - à guider jusqu'au véhicule d'interface (B) un véhicule tracteur autonome (A) équipé de moyens de pilotage (P1, P2, 92, 94, 102) coopérant avec lesdits moyens de repérage ; puis
- à atteler le véhicule tracteur sur le véhicule d'in-
- 15 terface.

2. Procédé selon la revendication 1, appliqué au déplacement d'un objet mobile selon une trajectoire théorique déterminée, caractérisé par le fait qu'on provoque la rencontre de l'objet avec le véhicule d'in-

20 terface (B) en amenant ce dernier sur ladite trajectoire, avant le passage de l'objet.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on utilise un véhicule d'interface (B) totalement passif, que l'on amène sur ladite trajectoire à l'aide de moyens de manutention extérieurs, dans

25 une première position d'attente prédéterminée.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on utilise un véhicule d'interface (B) totalement passif, que l'on amène sur ladite trajectoire attelé au véhicule tracteur (A), dans une première

30 position d'attente prédéterminée, puis que l'on détèle du véhicule tracteur, avant de déplacer ce dernier sur ladite trajectoire, dans le même sens que l'objet, jusqu'à une deuxième position d'attente prédéterminée.

35 5. Procédé selon la revendication 2, caracté-

risé par le fait qu'on utilise un véhicule d'interface (B) autonome, que l'on amène sur ladite trajectoire à l'aide de moyens de propulsion (36) propres à ce véhicule d'interface, dans une première position d'attente
5 prédéterminée.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait que, lorsque la distance séparant le véhicule d'interface (B) de l'objet atteint une valeur minimum prédéterminée, on déplace le véhicule d'inter-
10 face sur ladite trajectoire, dans le même sens que l'objet, à une vitesse inférieure à la vitesse de déplacement de ce dernier.

7. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on utilise un véhicule d'interface
15 (B) autonome, que l'on amène sur ladite trajectoire attelé au véhicule tracteur (A), dans une première position d'attente prédéterminée, puis que l'on détèle du véhicule tracteur, avant de déplacer ce dernier sur ladite trajectoire, dans le même sens que l'objet,
20 jusqu'à une deuxième position d'attente prédéterminée, puis de déplacer le véhicule d'interface sur ladite trajectoire, dans le même sens que l'objet, à une vitesse inférieure à la vitesse de déplacement de ce dernier.

8. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'on utilise un véhicule d'interface (B) autonome, que l'on amène sur ladite trajectoire attelé au véhicule tracteur (A), dans une première position d'attente prédéterminée, puis que l'on détèle du
25 véhicule tracteur, avant de déplacer le véhicule d'interface sur ladite trajectoire, en sens inverse de l'objet, jusqu'à ce que la distance séparant le véhicule d'interface de l'objet atteigne une valeur minimum
30 prédéterminée.

9. Procédé selon la revendication 8, caracté-

risé par le fait qu'on déplace ensuite le véhicule d'interface (B) sur ladite trajectoire, dans le même sens que l'objet, à une vitesse inférieure à la vitesse de déplacement de ce dernier.

5 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, caractérisé par le fait qu'on déplace le véhicule d'interface (B), lorsqu'il n'est pas attelé au véhicule tracteur (A), en le guidant par rapport à ce dernier.

10 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6, 7 et 9, caractérisé par le fait qu'en déplaçant le véhicule d'interface (B) sur ladite trajectoire théorique, dans le même sens que l'objet, on prend en compte d'éventuels décalages entre cette trajectoire
15 théorique et la trajectoire réelle suivie par l'objet.

 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, appliqué aux déplacements au sol d'un aéronef, caractérisé par le fait qu'on amène le véhicule d'interface (B) sur l'axe d'un tronçon rectiligne d'une
20 bretelle (12) de sortie de piste, avant l'arrivée sur ce tronçon d'un aéronef venant d'atterrir, on accouple le véhicule d'interface au train avant de l'aéronef, on attèle le véhicule tracteur (A) sur le véhicule d'interface, puis on déplace l'aéronef, pendant tous ses
25 mouvements au sol, à l'aide du véhicule tracteur.

 13. Installation automatisée pour déplacer un objet non coopératif, sans induire de choc important sur cet objet, caractérisée par le fait qu'elle comprend :

- 30 - au moins un véhicule d'interface (B), relativement léger par rapport à l'objet, comportant des moyens de repérage (Q1, Q2, 103) et des moyens pour accoupler ce véhicule sur l'objet ;
- au moins un véhicule tracteur (A) autonome, équipé
35 de moyens de propulsion et d'orientation propres

(28,78), de moyens de pilotage (P1,P2,92,94,102) du véhicule d'interface, coopérant avec les moyens de repérage (Q1,Q2,103) de ce dernier, de moyens (38) pour atteler le véhicule d'interface sur ce véhicule tracteur, et de moyens de navigation (50,54,84,88) ;

- une unité centrale de gestion (18), communiquant avec le véhicule tracteur (A) par des moyens de transmission pour lui fournir des instructions, en fonction des données relatives à l'objet et à sa destination.

10 14. Installation selon la revendication 13, appliquée au déplacement d'un objet mobile selon une trajectoire théorique déterminée, caractérisée par le fait que le véhicule d'interface (B) est totalement passif et que des moyens de manutention contrôlés par
15 l'unité centrale de gestion (18) placent ce véhicule d'interface dans la trajectoire de l'objet.

 15. Installation selon la revendication 13, appliquée au déplacement d'un objet mobile, selon une trajectoire théorique déterminée, caractérisée par le
20 fait que le véhicule d'interface (B) est totalement passif et placé dans la trajectoire de l'objet par le véhicule tracteur (A).

 16. Installation selon l'une quelconque des revendications 14 et 15, caractérisée par le fait que
25 le véhicule d'interface (B) est monté sur coussin d'air.

 17. Installation selon l'une quelconque des revendications 14 et 15, caractérisée par le fait que le véhicule d'interface (B) est un véhicule à roues folles.

30 18. Installation selon la revendication 13, caractérisée par le fait que le véhicule d'interface (B) est un véhicule autonome muni de moyens de motorisation (36), et de roues motrices et directrices (32,34).

 19. Installation selon la revendication 18,
35 caractérisée par le fait que le véhicule d'interface

(B) comprend des moyens de reconnaissance de scène (100,105) permettant de déterminer la distance et l'orientation d'une partie de l'objet par rapport à ce véhicule d'interface.

5 20. Installation selon la revendication 19, caractérisée par le fait que les moyens de reconnaissance de scène comprennent une caméra (105), sur le véhicule d'interface (B), et une mire à ombre portée (104) sur ladite partie de l'objet.

10 21. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 20, caractérisée par le fait qu'elle comprend des moyens de navigation relative (P1,P2,Q1,Q2,96) entre le véhicule tracteur (A) et le véhicule d'interface (B).

15 22. Installation selon la revendication 21, caractérisée par le fait que les moyens de navigation relative comprennent au moins un gyrophare laser (P1,P2) monté sur le véhicule tracteur (A), et deux capteurs (Q1,Q2) montés sur le véhicule d'interface (B).

20 23. Installation selon la revendication 22, caractérisée par le fait que les moyens de repérage montés sur le véhicule d'interface (B) comportant deux cibles (Q1,Q2) montées sur ce dernier, et par le fait que les moyens de pilotage comprennent deux capteurs
25 montés sur le véhicule d'interface (B).

 24. Installation selon l'une quelconque des revendications 18 à 23, caractérisée par le fait que les moyens de navigation relative comprennent un câble (96) reliant le véhicule d'interface (B) au véhicule
30 tracteur (A), des moyens (98) de maintien en tension de ce câble, et des moyens de mesure de la longueur et de l'orientation du câble entre le véhicule d'interface et le véhicule tracteur.

35 25. Installation selon la revendication 24, caractérisée par le fait que le câble (96) assure un

transfert d'informations et/ou d'énergie entre le véhicule tracteur (A) et le véhicule d'interface (B).

26. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 25, appliquée aux déplacements au sol d'un aéronef, caractérisée par le fait que les moyens pour accoupler le véhicule d'interface sur aéronef sont des moyens de saisie d'atterrisseur avant de ce dernier.

27. Installation selon la revendication 26, caractérisée par le fait que les moyens de saisie de l'atterrisseur avant comprennent une plateforme (116), une rampe d'accès (114) à cette plateforme, et des moyens (118, 120) pour emprisonner l'atterrisseur avant sur la plateforme.

28. Installation selon la revendication 27, caractérisée par le fait que les moyens de saisie de l'atterrisseur avant comprennent des moyens (118,120) pour emprisonner l'atterrisseur avant, tout en maintenant la ou les roues de ce dernier en contact avec le sol.

29. Installation selon les revendications 25 et 28 combinées, caractérisée par le fait que le véhicule d'interface (B) comporte des moyens, sensibles à la fin d'un actionnement des moyens (118,120) pour emprisonner l'atterrisseur avant, pour libérer la directivité des roues (32,34) du véhicule d'interface (B).

30. Installation selon les revendications 25 et 28 combinées, caractérisée par le fait que le véhicule d'interface (B) comporte des moyens, sensibles à la fin d'un actionnement des moyens pour emprisonner l'atterrisseur avant, pour libérer la directivité de ce dernier.

31. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 30, appliquée aux déplacements au sol d'un aéronef pourvu d'au moins une prise de parc

(128), caractérisée par le fait que le véhicule d'interface (B) porte un mécanisme robotisé (124) permettant la connexion électrique de la prise de parc avec une source d'énergie embarquée sur l'un des véhicules.

5 32. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 31, caractérisée par le fait que le véhicule tracteur (A) comporte deux paires de roues motrices et directrices (26), et des moyens pour faire
10 passer la directivité de ces roues d'un mode de roulement normal, dans lequel la normale au plan des roues passe par le centre instantané de rotation (I) du véhicule tracteur, qui est situé sur la normale à un axe longitudinal de ce véhicule passant par son centre de gravité (G), à un mode de rendez-vous avec le véhicule
15 d'interface (B), dans lequel les plans des roues motrices et directrices (26) du véhicule tracteur sont toujours parallèles.

 33. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 32, caractérisée par le fait que
20 les moyens de propulsion et d'orientation propres du véhicule tracteur (A) comprennent des moyens (30) pour limiter l'accélération de ce véhicule à une valeur prédéterminée.

 34. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 33, caractérisée par le fait que
25 le véhicule tracteur (A) comporte des moyens (94,102) pour mesurer la distance qui le sépare de l'objet.

 35. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 34, appliquée aux déplacements au
30 sol d'un aéronef, caractérisée par le fait que les moyens de navigation absolue comprennent trois systèmes de navigation absolue différents (50,84,88).

 36. Installation selon la revendication 35, caractérisée par le fait que les trois systèmes de navigation absolue comprennent :
35

- un récepteur GPS-différentiel (50,54) sur le véhicule tracteur (A), associé à une balise de référence au sol (20) ;
- 5 - un deuxième système de navigation (84) associé à des amers passifs identifiés (22) situés au sol en des emplacements déterminés ;
- un troisième système de navigation (88) associé à des balises radioélectriques passives (24) noyées dans le sol, selon une trajectoire à suivre par le véhicule
- 10 tracteur.

37. Installation selon la revendication 36, caractérisée par le fait que le véhicule tracteur (A) comprend de plus une centrale à inertie à au moins deux axes (82), associée à un calculateur de lissage (72)

15 de signaux provenant du récepteur GPS-différentiel (50, 54).

38. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 37, caractérisée par le fait que le véhicule tracteur (A) comporte un calculateur de

20 navigation (74) sensible aux instructions délivrées par l'unité centrale de gestion (18) et des asservissements (76) commandant les moyens de propulsion et d'orientation (28,78) propres du véhicule tracteur, en réponse à des signaux délivrés par ce calculateur de navigation.

25 39. Installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 38, appliquée aux déplacements au sol d'un aéronef, caractérisée par le fait que l'unité centrale de gestion (18) affecte au véhicule tracteur (A) un gabarit enveloppe (GE) en fonction de l'état des

30 moyens pour accoupler le véhicule d'interface sur le véhicule tracteur, de l'état des moyens pour accoupler le véhicule d'interface sur l'aéronef, et de la nature de cet aéronef.

40. Installation selon l'une quelconque des

35 revendications 13 à 39, appliquée aux déplacements au

sol d'un aéronef, caractérisée par le fait qu'elle comprend trois détecteurs de passage d'aéronef (96) à l'entrée d'une bretelle de sortie de piste (12), délivrant des signaux de passage qui sont transmis à l'unité
5 centrale de gestion (18).

1,9

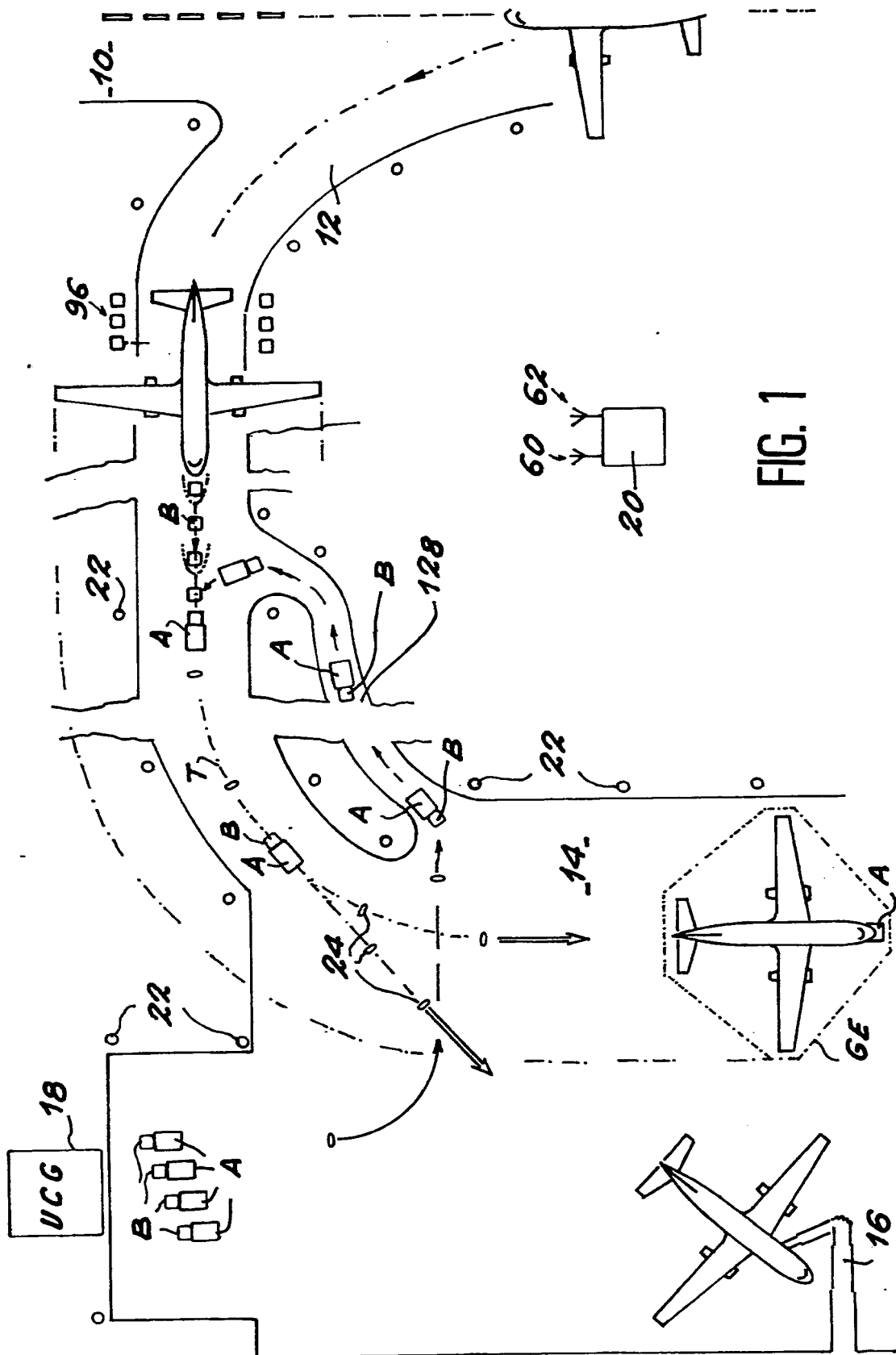


FIG. 1

2.9

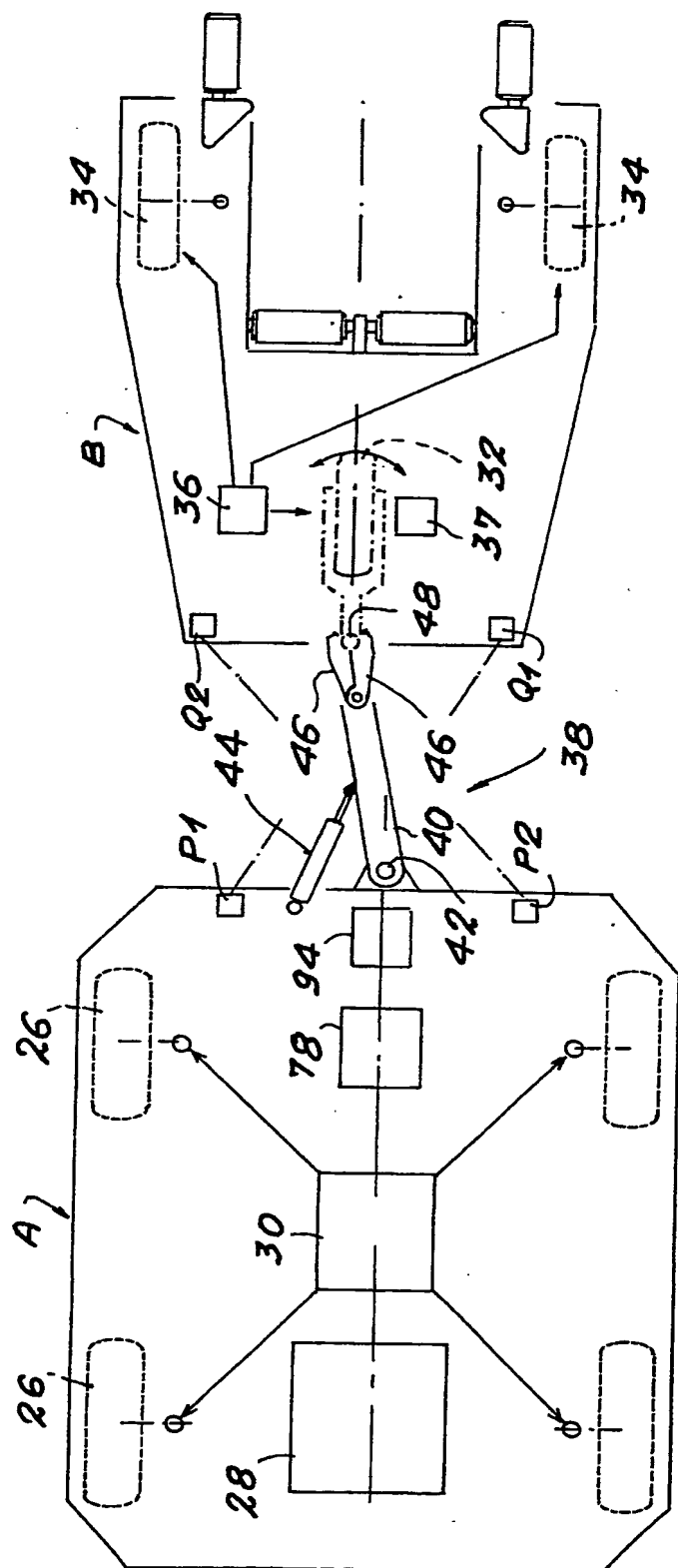


FIG. 2

3.9

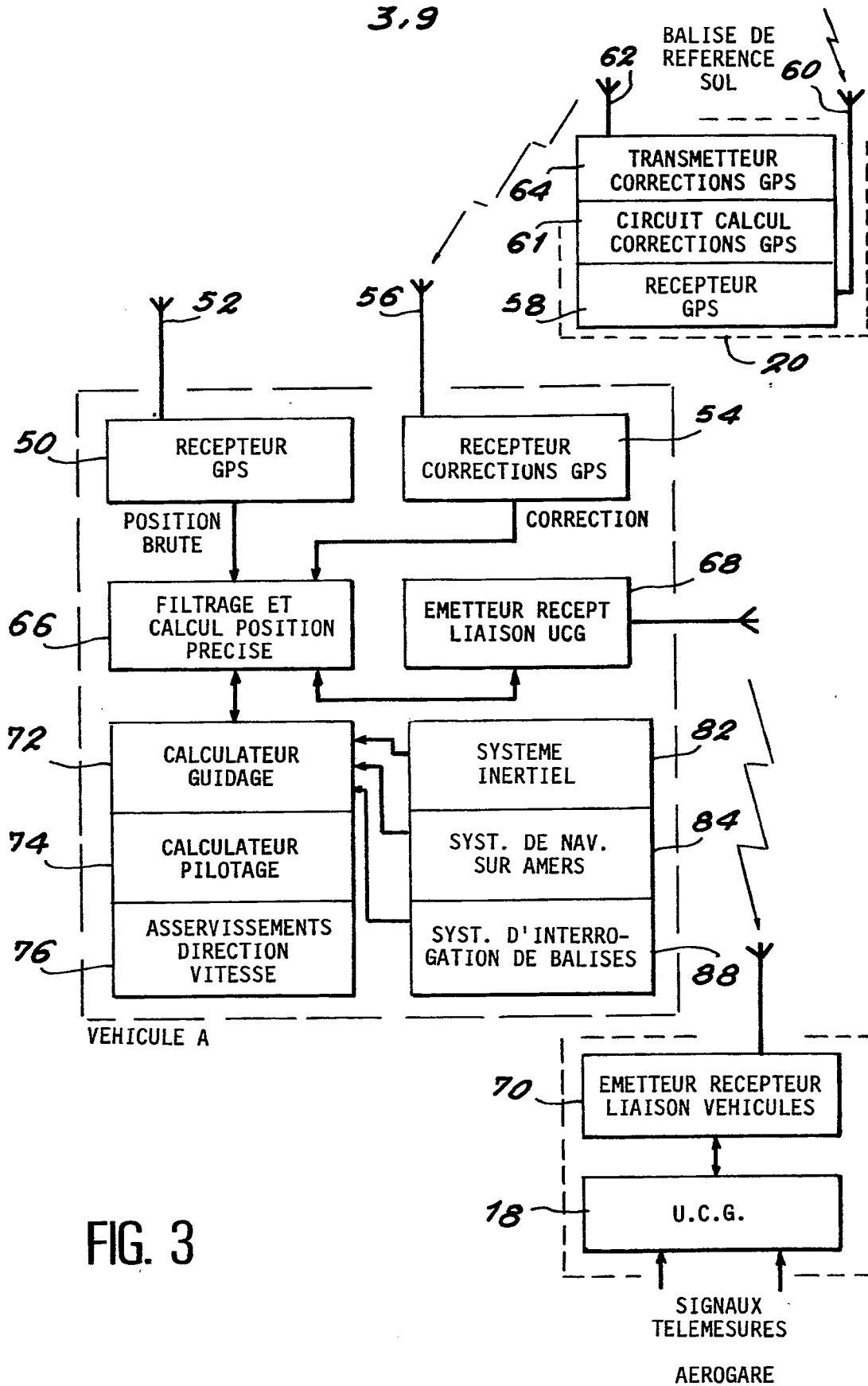


FIG. 3

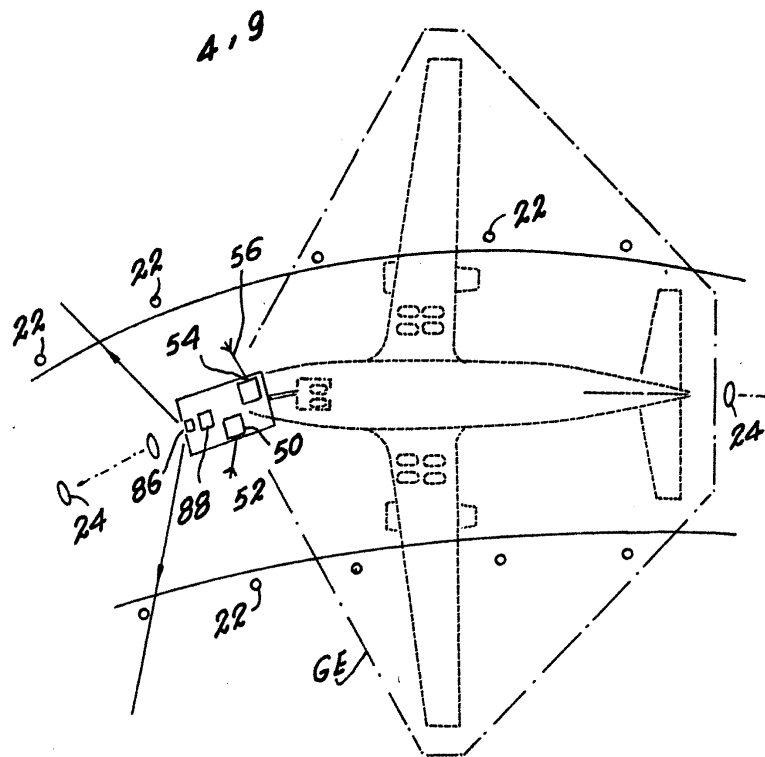


FIG. 4

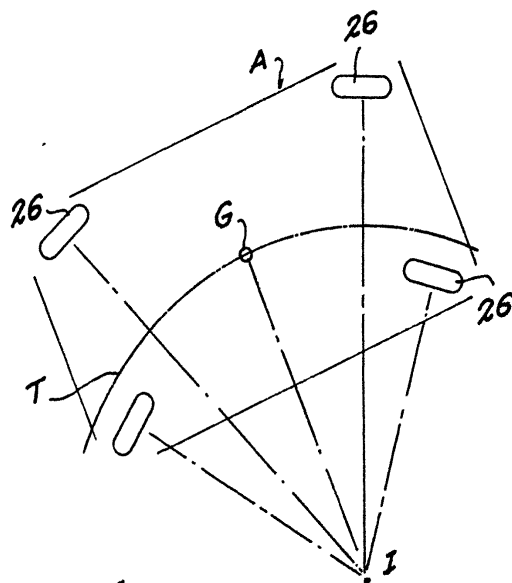


FIG. 5

5,9

FIG. 6

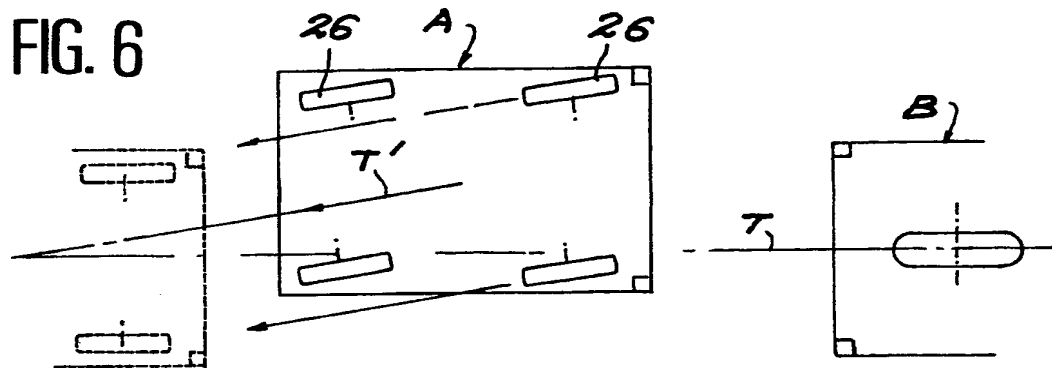


FIG. 7

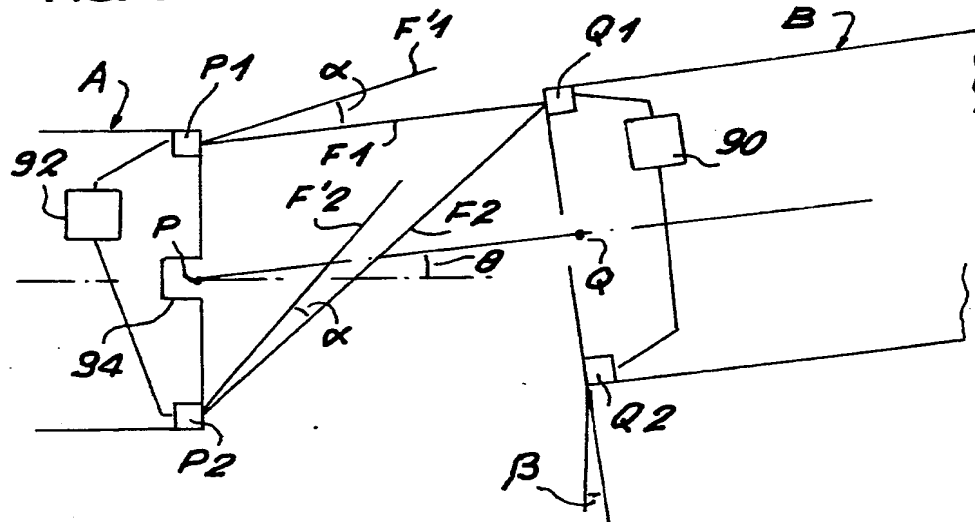


FIG. 8

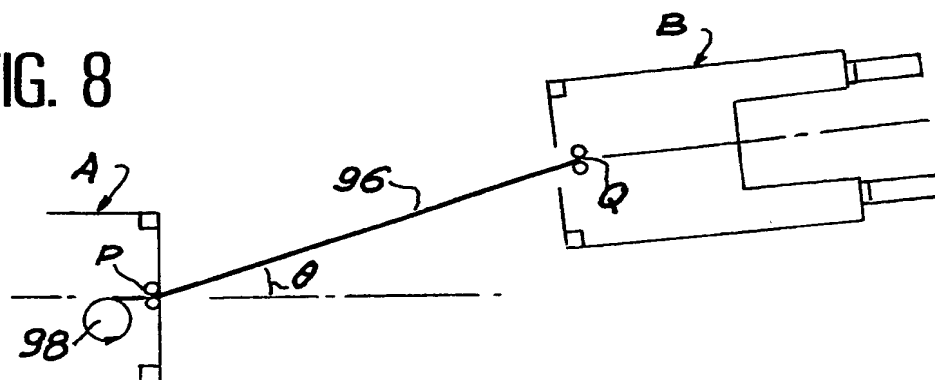
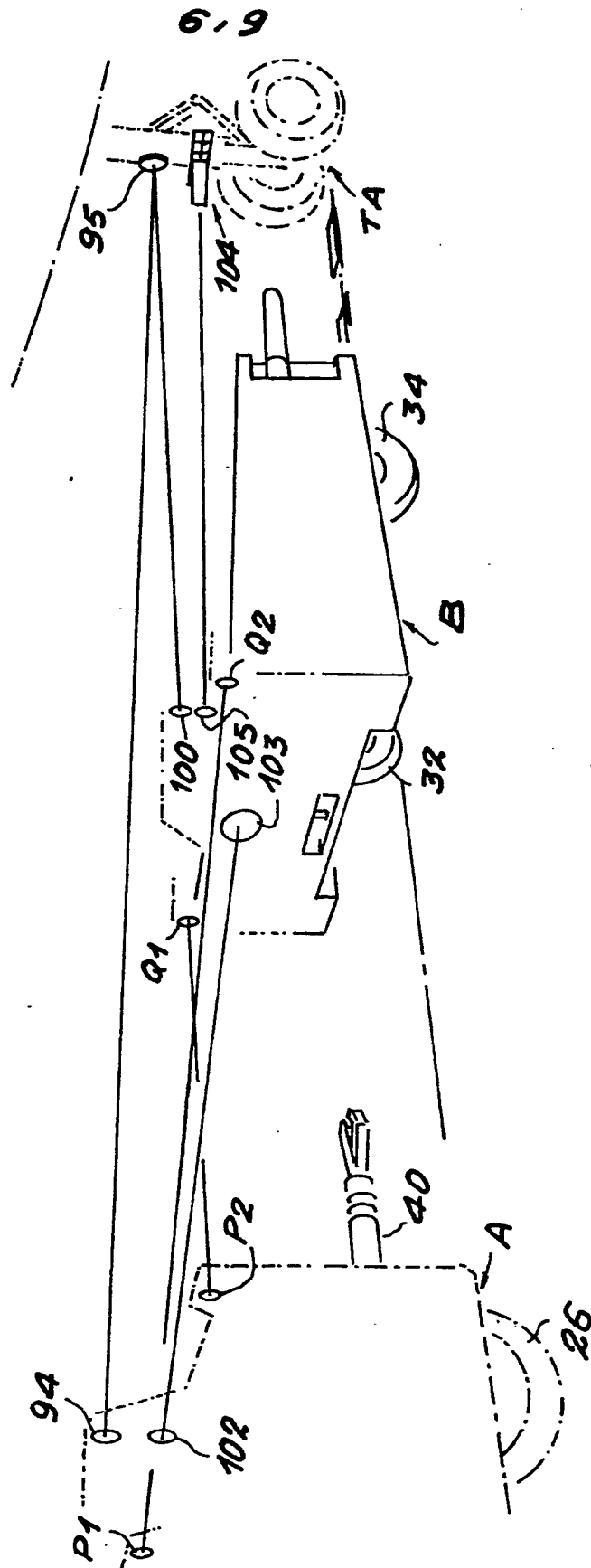


FIG. 9



7,9

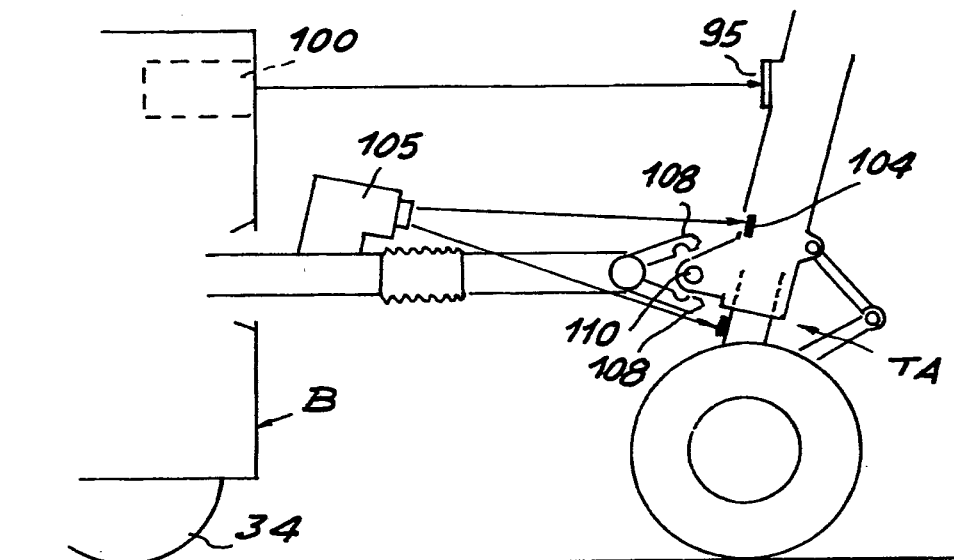


FIG. 10

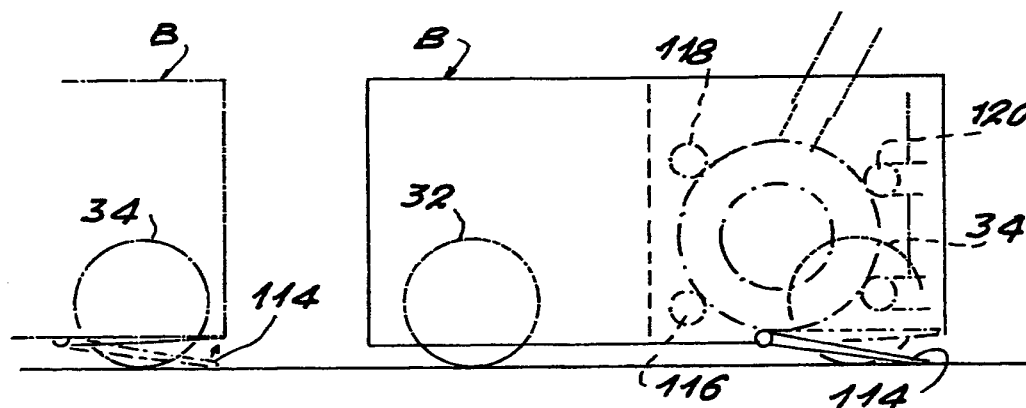


FIG. 11

8,9

FIG. 12

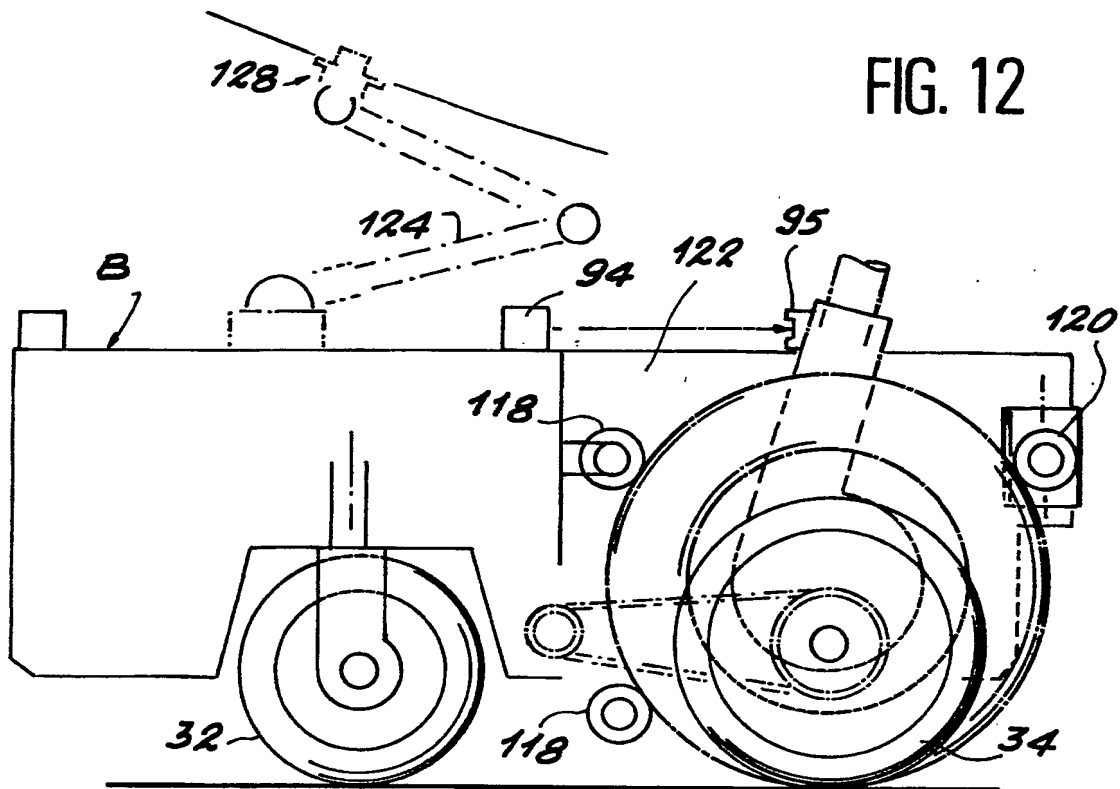
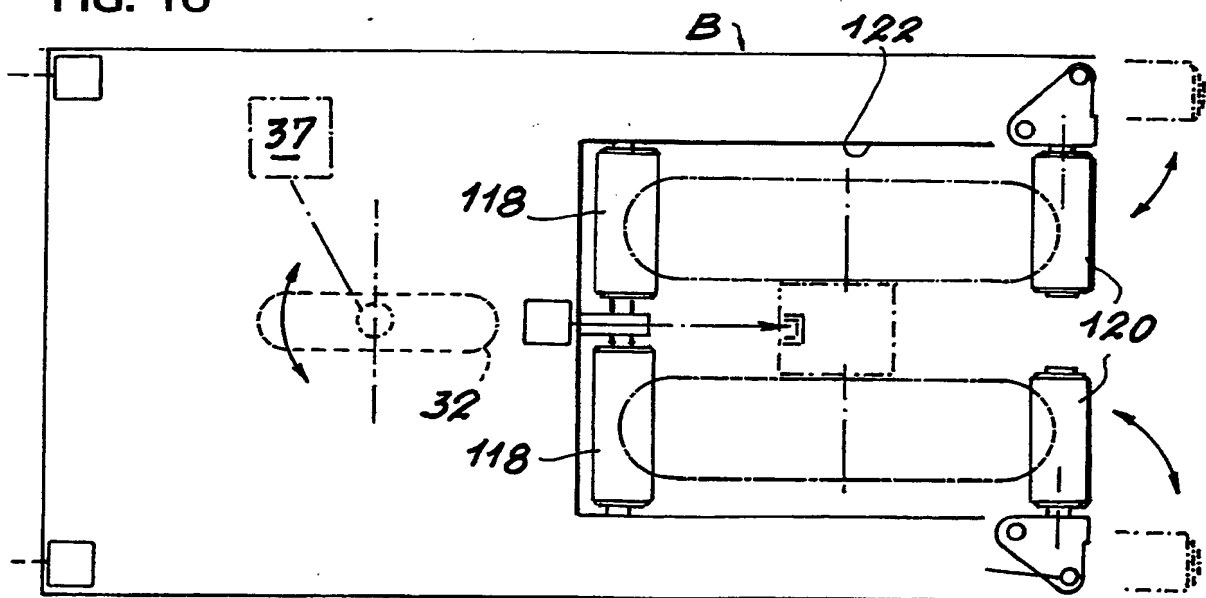


FIG. 13



9,9

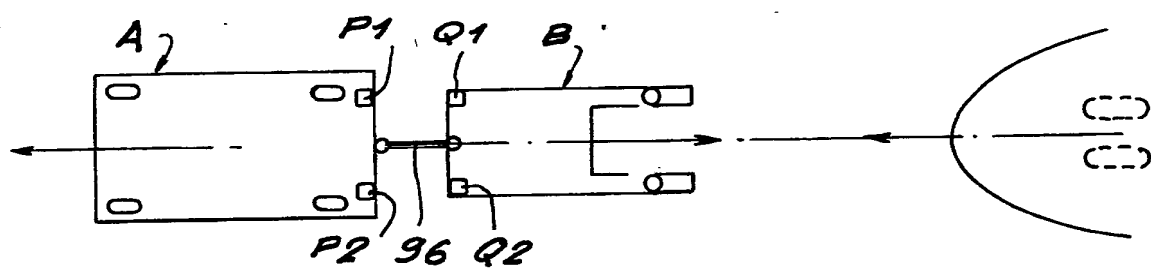


FIG. 14

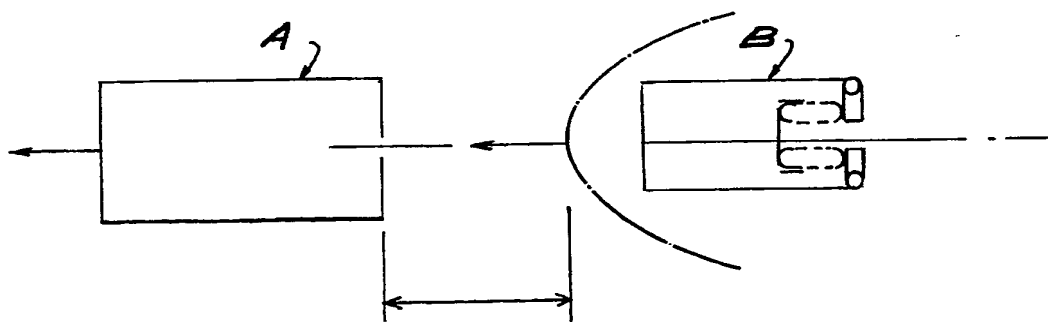


FIG. 15

